

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/korjausrakentaminen ja rakennustuotanto

Jari Puranen

ELEKTRONISTEN NALLIEN KOKEILU TÄRINÄN RAJOITTAMISESSA ASU-
TUSKESKUSLOUHINTAKOhteessa

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

PURANEN, JARI

Elektronisten nallien kokeilu tärinän rajoittamisessa asutuskeskuslouhintakohteessa

Opinnäytetyö

36 sivua + 18 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Juha Karvonen

Toimeksiantaja

Forcit Oy

Maaliskuu 2010

Avainsanat

elektroninen nalli, koeräjäytys, raja-arvot

Opinnäytetyön tavoitteena oli osoittaa elektronisten nallien käytön hyödyt louhittaessa vaativassa asutuskeskuskohteessa. Opinnäytetyö tehtiin Forcit Oy:n toimeksiannosta. Kentällä suoritetuissa räjäytyksissä havaittiin elektronisten nallien auttavan urakoitsijoita pysymään normien antamissa raja-arvoissa ja työn tehokkuus sekä taloudellisuus paranivat uudella työmenetelmällä. Leppävaaran solmun työkohteessa mitatuilla tärinätuloksilla sekä uudella sytytysmenetelmällä irrotetulla kivimäärällä todistettiin elektronisten nallien toimivuus työmaakäytössä.

Lisääntyneet ympäristövaatimukset saavat alan toimijat etsimään uusia työmenetelmiä ja välineitä. Louhintatyön järkevän toteutuksen turvaamiseksi elektroniset nallit antavat uusia mahdollisuuksia ja työkaluja vaativiin asutuskeskuskohteisiin. Koeräjäytysten tulokset osoittavat elektronisien nallien edut tärinänormien raja-arvojen noudattamisessa. Hyvällä ennakkosuunnittelulla voidaan ottaa huomioon tärinäherkkien laitteiden reunaehdot. Tietokoneella suoritettava ohjelmointi auttaa huomaamaan virheet räjäytyskenttien sytytyksen suunnittelussa automaattisesti, virheet voidaan helposti korjata.

Toimintavarmat louhintatyömenetelmät auttavat suunnittelijoita kohteiden ennakkosuunnittelussa Asutuskeskuslouhintakohteen toteuttamisen suurin vaikeus on usein ympäristön vaikutuksen huomioiminen ja louhintatyön tärinäriskien hallinta. Elektroniset nallit räjäytystöiden toteuttamisessa lisäävät varmuutta ja turvallisuutta vaativien rakennusprojektien toteuttamisessa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

PURANEN, JARI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2010

Keywords

Benefits of Electronic Detonators in Urban Excavations

36 pages + 18 pages of appendices

Juha Karvonen, MSc

Forcit Oy

electronic detonator, test blasting, ignition method

The aim of this thesis was to demonstrate the benefits of using electronic detonators in demanding excavations in population centers. In the field blastings it was observed that electronic detonators help contractor to keep vibrations below the limits given by standards and improve the effectiveness of work.

The amount of rock excavated using new ignition method and measured vibration results in "Leppävaara node" construction site proved the functionality of electronic detonators in practical use. Increasing range of environmental regulations makes actors of the branch to find new working methods and tools for performing difficult projects in population centers. Results of the test blastings show that using electronic detonators makes it easier to keep vibrations below normative limits compared to traditional methods.

Boundary conditions of vibration sensitive instruments can be considered by a proper pre-design. Computer-assisted blasting design makes it easy to notice errors in the blasting field and correct them. It is much easier for designers to pre-design projects when there are reliable methods available. Often the most significant difficulty in excavation in population centers is to consider its environmental influences. Electronic detonators in excavation will help in a reliable and safe way to perform the most demanding projects.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta	6
1.2	Työn tavoitteet	6
2	AVOLOUHINTAKOHDE LEPPÄVAARAN SOLMUN YLEISKUVAUS	7
3	LOUHINTATÄRINÄT	9
3.1	Tärinä käsitteenä ja sen syntyminen	9
3.2	Aaltoliike	9
3.3	Aaltotyypit kallio- ja maaperässä	10
3.4	Kimmoaaltojen muodostuminen	12
3.5	Kimmoaaltotyypit	12
4	TÄRINÄN VAIKUTUKSET	15
4.1	Vaikutusten luonne rakenteissa	15
4.2	Vaikutukset laitteisiin	19
4.3	Vaikutukset ihmisiin	20
5	YMPÄRISTÖN VAHINKORISKIEN JA TÄRINÄVAIKUTUSTEN ARVIOINTI KOEKOhteessa	20
5.1	Ympäristöselvitys	20
5.2	Tiedottaminen	21
5.3	Katselmoinnit	21
5.4	Tärinämittaus	23
6	ELEKTRONISTEN NALLIEN KOERÄJÄYTYKSET KOhteessa	23
6.1	Koetilanteen tausta	23
6.2	Poraus ja panostus kohteessa	24
6.3	Sytytysjärjestelmät kohteessa	25
6.3.1	Nonel-sytytys	25

6.4	Elektroniset nallit	27
6.5	Kenttäkokeet ja koepaikan järjestelyt	30
7	TULOKSET	32
7.1	Kenttäkokeiden tulokset	32
7.1.1	Kentän 18 tulokset	32
7.1.2	Elektronisen kentän tulokset	32
8	YHTEENVETO	33

LÄHTEET

LIITTEET

- Liite 1. Nonel-räjäytyssuunnitelma 10.8.2009
- Liite 2. Aikahistoriakäyrä 10.8.2009
- Liite 3. Räjäytyspäiväkirja 10.8.2009
- Liite 4. Elektronisten nallien räjäytyssuunnitelma 17.8.2009
- Liite 5. Tietokoneohjelmoitu syttymisjärjestys 17.8.2009
- Liite 6. Aikahistoriakäyrä 17.8.2009
- Liite 7. Räjäytyspäiväkirja 17.8.2009
- Liite 8. Mittapisteiden sijaintikartta
- Liite 9. Katselmointi pöytäkirjamalli

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö tehtiin Forcit Oy:n tilauksesta. Forcit Oy on räjäytysaineita valmistava, myyvä sekä alan konsulttipalveluja tarjoava yritys. Forcit Oy:llä on erittäin pitkäaikainen ja monipuolinen kokemus räjäytysainealan toiminnoista Suomessa.

Työn lähtökohtana oli koota tietoa elektronisten nallien eduista louhintojen toteutuksessa sekä tärinävaikutuksen arvioinnissa suunnitteluvaiheessa. Elektronisten nallien vähäisen tutkimus- ja kenttäkoemäärän vuoksi työ oli haastava toteuttaa mutta antoi mielenkiintoisen mahdollisuuden tutkia uuden sytytysmenetelmän vaikutusta syntyviin tärinäihin sekä niiden minimoimiseen. (Ruutiset 2007, 4.)

Tutkimuksessa perehdytään Leppävaaran solmun louhintakohteeseen sijoitettujen tärinämittarien tulosten tarkasteluun, kentällä tehtyihin koeräjäytyksiin ja räjähdysainetoimittajan sekä tärinämittaussasiantuntijan antamien lähtötietojen tutkimiseen ja tulkitsemiseen.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää tärinävaikutusten ero verrattaessa elektronisia nalleja perinteisiin Nonel – tai VA-L- nalleihin. Tutkitaan myös työkohteessa elektronisten nallien hyötyjä työn tuottavuuteen ja työjäljen eroavaisuuksia perinteisiin menetelmiin verraten.

Tutkimuskysymykset ovat:

Mitä louhintatärinä on?

Miten tärinä vaikuttaa rakenteisiin, laitteisiin ja ihmisiin?

Mitä eroja saatiin tehdyssä vertailussa Nonel-järjestelmän ja elektronisten nallien välillä?

Mitä etuja elektronisilla nalleilla voidaan työmaakäytössä saavuttaa?

Mikä on elektronisten nallien käytön osuus räjäytysuunnittelussa?

Miten saatuja tuloksia verrataan ja mitkä ovat taloudelliset reunaehdot?

2 AVOLOUHINTAKOHDE LEPPÄVAARAN SOLMUN YLEISKUVAUS

Leppävaaran solmu on kehä ykkösen perusparannusprojekti, jossa Etelä-Suomen ruuhkaisin tie uudistetaan. Työssä tilaajana on Tiehallinto. Kohteessa on paljon louhintaa lähellä isoja kiinteistömassoja ja herkkiä laitteita, joten tärinäseuranta on erityisen tarkkaa. Kohteesta on jo nyt kattavat tärinämittaustulokset ja – raportit joista päästään analysoimaan eri sytytysjärjestelmien eroja.

Leppävaaran Solmun alueella louhitaan useassa kohteessa aivan rakennuksien vieressä. Louhittavaa on kokonaisuudessaan 200 000 m³. Leppävaaran Solmun rakentamisella pyritään vähentämään pääkaupunkiseudun liikenteen ruuhkaisuutta ja parantamaan Espoon Leppävaaran alueen elinvoimaisuutta. (Tiehallinto 2010.)

Projektin arvioidut kokonaiskustannukset ovat 135 milj. €, valtio maksaa 61 % ja Espoo 39 %. Tiehallinnolla on kohteessa käytössä ST-hankintamalli. Siinä urakoitsija vastaa rakennussuunnittelusta ja rakentamisesta tilaajan asettamien laatuvaatimusten mukaisesti. (Tiehallinto 2010.)

Kesäkuussa 2008 valittiin urakoitsijaksi Niska & Nyysönen Oy, joka on tunnettu infrarakentaja. Lisäksi urakoitsijalla on alikonsultti, Finnrock Oy, joka seuraa syntyviä tärinöitä, hoitavat kiinteistökatselmukset sekä informoi ympäristöä ja sen asukkaita tulevista räjäytyksistä. (Tiehallinto 2010.)

Kuvassa 1 näkyy Leppävaaran solmun monimutkainen liikennealue.



Kuva 1 Leppävaaran solmun yleiskuva (Tiehallinto 2010.)

Työt aloitetaan pintamaiden poistolla ja johtosiirroilla. Kalliopinnat pyritään puhdistamaan mahdollisimman huolellisesti jotta huomattaisiin mahdolliset poikkeamat kallion laadussa silmämääräisesti tarkasteltuna. Mittausryhmä antaa louhittavan kohteen reunalinjat sekä louhintatason määräävät korkomerkinnot.

Räjäytettävien kenttien poraus ja panostus suunnitellaan huomioon ottaen lähellä olevat varottavat kohteet sekä niiden tärinärajat. Rakenteiden ja laitteiden tärinäraja-arvot ovat määräytyneet ympäristöselvityksessä, jonka Finnrock Oy on aikaisemmin tehnyt rakennuttajalle. Alkukatselmuksilla varmistetaan etteivät ympäristöselvityksen tiedot ole muuttuneet. Poraus ja panostus perustuvat osaksi kentällä tehtyihin havaintoihin kallion laadusta ja normeihin. Alussa tehdään koeräjäytys, jonka tärinämittaustulokset vaikuttavat seuraavien kenttien suunnitteluun ja sitä kautta työvuoron tehoihin.

Kokonaisuudessaan kalliorakennustyöt kestävät alustavien aikataulujen mukaan noin 1 ½ vuotta. Kokonaisuudessaan Leppävaaran Solmun rakennustyöt kestävät noin 2 ½ vuotta. (Tiehallinto 2010.)

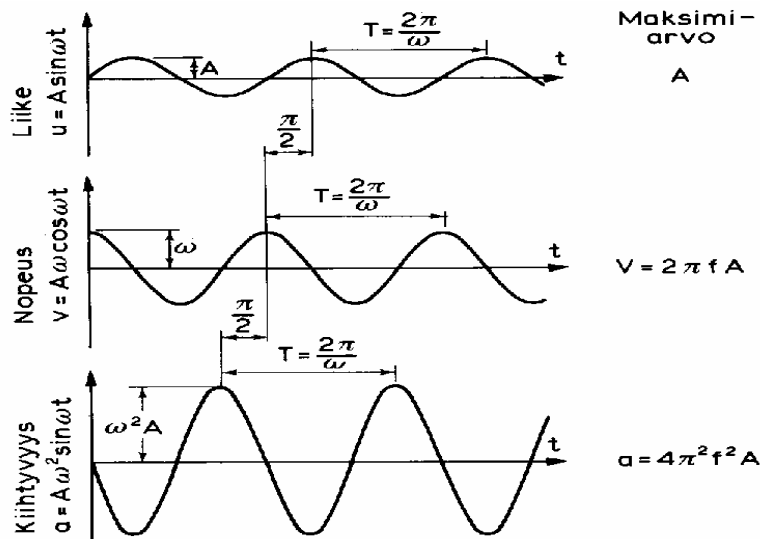
3 LOUHINTATÄRINÄT

3.1 Tärinä käsitteenä ja sen syntyminen

3.2 Aaltoliike

Kun kappaleeseen kohdistuvan voiman suuruus ja suunta muuttuvat kappaleen liikkeen aikana, kutsutaan liikettä värähdysliikkeeksi. Esimerkiksi kitaran kielen värähtely, ja kiinteän aineen atomien tai molekyylien lämpöliike ovat värähdysliikettä. Värähtelijöiden yhdessä muodostamaa liikettä kutsutaan aaltoliikkeeksi. Etenevässä aaltoliikkeessä aineen rakennehiukkasten vuorovaikutukset siirtävät energiaa, mutta itse aine ei etene. Veteen putoavat vesipisarot synnyttävät laajenevan häiriön veden pintaan ja niin myös louhintatärinä kalliioon. Nämä ovat aineessa eteneviä mekaanisia aaltoliikkeitä. (Luoma & Lehto 1994, 123.)

Maantärinä käsitetään maanpinnan aaltoliikkeeksi, joka aiheutuu seismisten aaltojen etenemisestä. Yksinkertaisin heilahdusliike on sinimuotoinen eli ns. harmoninen heilahdus (kuva 2). Heilahdusliikkeen suuruutta kutsutaan siirtymäamplitudiksi. Derivoimalla saadaan heilahdusliikkeen kaavasta heilahdusnopeuden kaava ja siitä edelleen derivoimalla kiihtyvyyden kaava (Vuolio 1991, 164.)



Kuva 2 Harmoninen Heilahdus (Vuolio 1991, 164.)

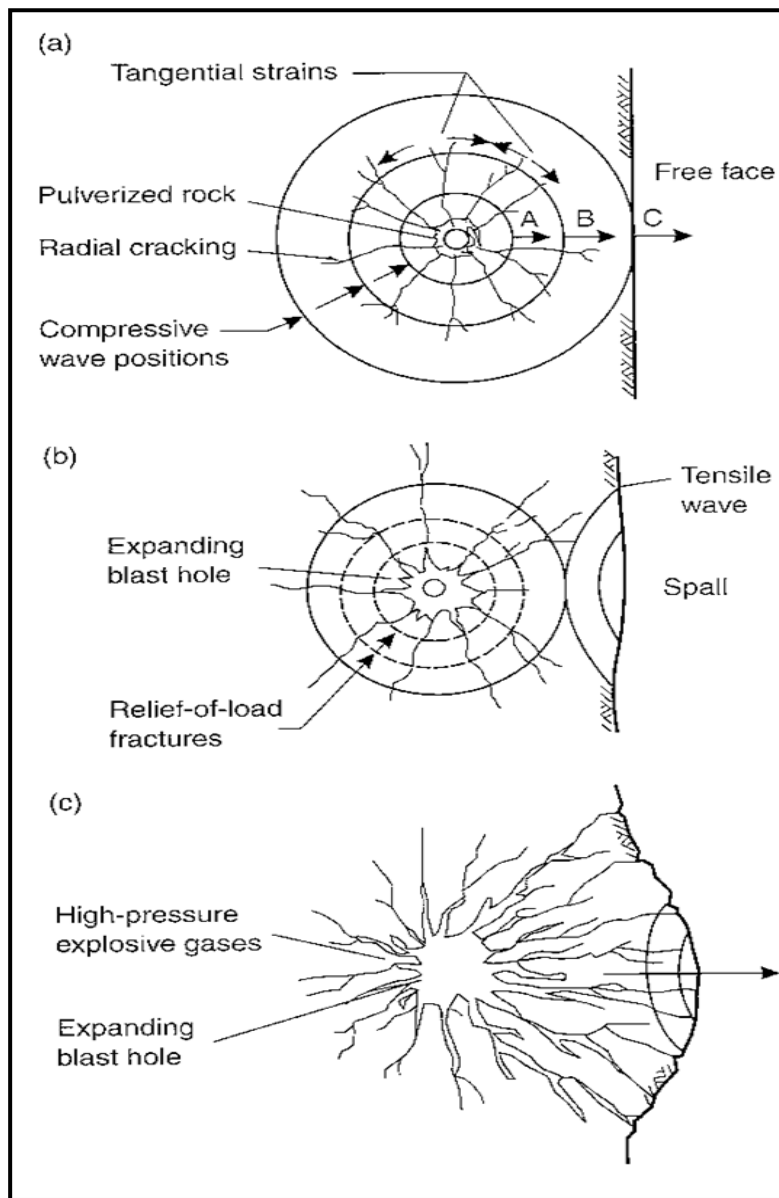
Vaikkei heilahdus luonnossa juuri koskaan ole sinimuotoista, voidaan räjäytysten aiheuttamaa tärinää käytännön vaatimissa tarkkuuksissa pitää ”siniheilahduksena”. (Vuolio 2008, 12.)

3.3 Aaltotyypit kallio- ja maaperässä

Räjähdysaineen räjähtäessä porausreiässä saa syntyvä paineaalto kalliossa aikaan vastareaktioita. Pienellä alueella tapahtuu aineen murskautumista ja tiivistymistä. Tästä tapahtumasta jäljelle jäänyt paineaalto jatkaa etenemistä väliaineessa shokkiaaltona, jonka energia on ohuessa pallomaisessa kuoressa. Shokkiaallon vaikutusaika on 0,2 mikrosekuntia ja vaikutusalue yhden senttimetrin luokkaa.

Shokkiaallon heijastuessa vapaasta pinnasta takaisin muuttuu puristusjännitys vetojännitykseksi. Kiven vetolujuus ylittyy, laajenevia halkeamia syntyy ja räjähdyskaasut pääsevät purkautumaan halkeamiin. (Wyllie, 2004.)

Nopeuden pienennettyä shokkiaalto muuttuu plastiseksi aalloksi, joka voi aiheuttaa kalliossa vain plastisia muutoksia. Kivilajien haurauden vuoksi ei plastisella vaikutuksella ole merkitystä. Aallon voimakkuuden vaimennettua niin paljon, ettei väliaineessa synny enää pysyviä muutoksia vaan ainehiukkaset palaavat puristuksen ja vedon loputtua alkuperäisille pakoilleen, aalto on muuttunut kimmoaallosi. Näillä seismisten aaltojen liikkeillä voidaan kuvata räjähdystärinöitä. (Vuolio 1991, 165.) Kuvassa 3 esitetään kiven särkymisen periaatteet räjähdyksessä.



Kuva 3 Kiven särkeymisen periaatteet räjähdyksessä (Wyllie 2004, 246.)

Kohta a): Paine leviää porausreiän ympäristöön shokkiaallon muodossa. Paine alenee nopeasti etäisyyden kasvaessa porausreiästä. Säteittäisiä halkeamia muodostuu murskaantuneen alueen ulkopuolelle.

Kohta b): Shokkiaalto heijastuu takaisin vapaasta pinnasta ja puristus muuttuu vedoksi. Säteittäiset halkeamat laajenevat porausreiän ja sitä kohtisuoraan sijaitsevan vapaan pinnan välillä noin 25 %.

Kohta c): Räjähdyskaasut tunkeutuvat halkeamiin aiheuttaen kallion rikkoutumisen ja edun purkautumisen.

3.4 Kimmoaaltojen muodostuminen

Räjähdyksen muodostamasta energiasta kuluttaa shokkiaalto suurimman osan kallion murtamiseen ja liikuttamiseen. Tämän jälkeen loput energiasta muodostaa kimmoaalloja räjähdyspisteen ympäristöön. Kimmoaallot eivät tässä vaiheessa aiheuta muodonmuutoksia ympäröivään väliaineeseen. (Vuolio 1991, 165.)

3.5 Kimmoaaltotyypit

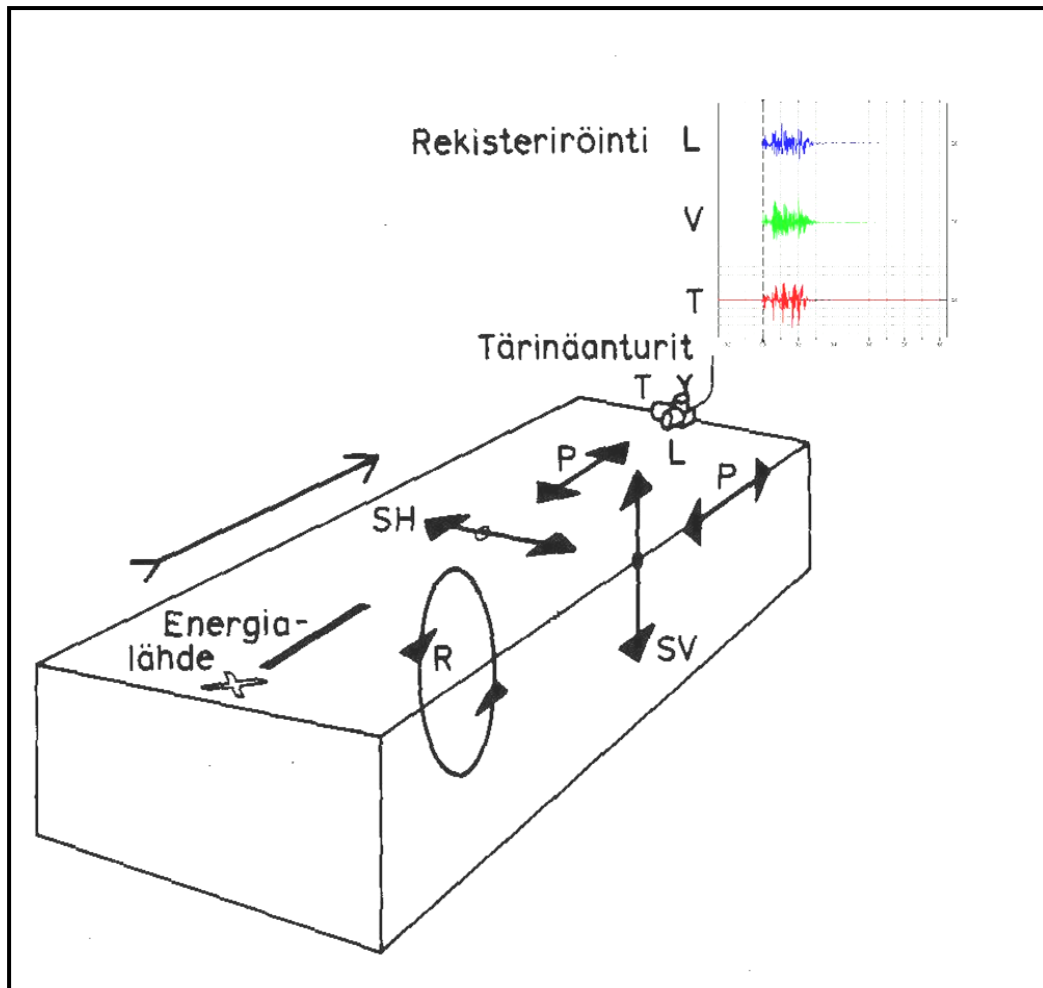
Kimmoaallot voidaan jakaa runko- ja pinta-aaltoihin. Runkoaallot liikkuvat kallion sisemmissä kerroksissa korkeilla taajuuksilla, kun puolestaan pinta-aaltojen liike rajoittuu ainoastaan pintakerrokseen ja varsin mataliin taajuuksiin. Pinta-aallon liike voidaan ajatella samalla tavalla kuin väräily veden pinnassa. Runkoaalloista tunnetuimmat ovat P-aallot ja S-aallot. Pinta-aalloista tunnetuin on R-aalto. (Vuolio 1991, 165.)

P-aalto (pressure) liikkuu väliaineessa nopeimmin kaikista aalloista. Se on pitkittäistä liikettä, joka aiheuttaa ainehiukkasten siirtymistä etenemissuunnassa. Tämä liike altistaa väliaineen sekä vedolle että puristukselle ja on verrattavissa ilmassa etenevään ääniaaltoon. (OSM -seminaari 1996, 26.)

S-aalto on P-aallon nopeuteen nähden 0,557- kertainen. Sen eteneminen on poikittaista liikettä, joka aiheuttaa ainehiukkasten siirtymistä kohtisuorasti tai poikittaisesti etenemissuuntaansa nähden. Se altistaa myös väliaineen leikkaukselle. (Vuolio, Räjätystyöt, 1991, s. 165)

R-aalto on S-aallon nopeuteen nähden korkeintaan 0,9-kertainen, ja se syntyy, kun runkoaaltorintama kohtaa vapaan rajapinnan ja taittuu. R-aalto on ellipsin muotoista liikettä, joka aiheuttaa ainehiukkasten siirtymistä etenemissuuntaansa nähden kaikissa (XYZ) suunnissa. Sitä voi myös verrata aaltoilun etenemiseen meressä. (Vuolio 1991, 165.)

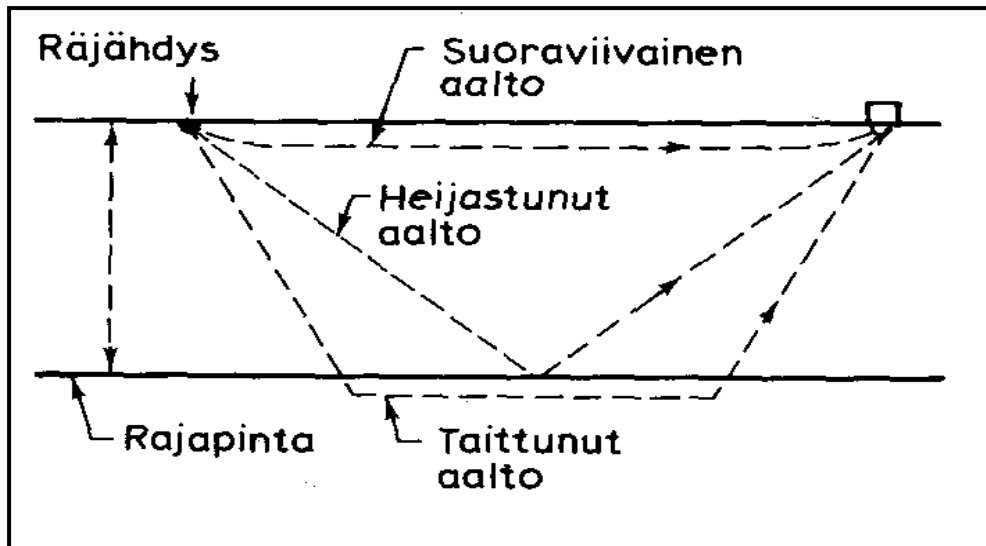
Kuva 4 kertoo, että aaltoliike voi edetä periaatteessa kolmea eri tietä.



Kuva 4 Aaltoliikkeiden eteneminen suoralla levyllä

Jokaisella aaltoliikkeellä on mahdollisuus edetä kolmea tietä. Aalto voi edetä suoraviivaisesti tai kohdatessaan vapaan pinnan se joko taittuu tai heijastuu. Ainoastaan suorassa kulmassa rajapintaan saapuvassa aallossa puristus pysyy puristuksena ja leikkaus leikkauksena. Näin ollen sekä P- että S-aallosta syntyy yleensä kaksi heijastunutta sekä kaksi taittunutta aaltoa. (Vuolio 1991, 165.)

Kuvassa 5 on selvästi havaittavissa suoraviivaisten, heijastuneiden ja taittuneiden aaltojen eteneminen räjäytyspaikalta mitattavaan kohteeseen.



Kuva 5 Suoraviivainen, heijastunut ja taittunut aalto (Vuolio 1991, 192.)

P-aallot saavuttavat ensimmäisenä mittapisteen, seuraavina saapuvat S-aallot ja niiden jälkeen heijastuneet P- ja S-aallot. Viimeisenä tulevat pinta-aallot. (Vuolio 1991, 166.)

Kun räjähdystapahtuma esitetään näin yksinkertaistaen, ei voida arvioida momentaanisesti tai pienen välein räjähtävien panosten interferenssivaikutusta ympäröivään kalliomassaan. Ruhjeet, rakoilu ja kivilaatu vaikuttavat jokaiseen räjäytyskenttään eritavalla. Räjäytyksessä kentän eri osat aiheuttavat erilaisen aaltoliikkeen ja ruhjevyyöhykkeiden rajapinnoilta aaltoliikkeet heijastuvat eri tavalla. Jos aaltojen poikkeamat ovat samansuuntaiset, värinä vahvistuu. Epähomogeenista kalliota räjäytettäessä ei räjähdystapahtuman osia eikä aaltoliikkeiden etenemistä voida yksityiskohtaisesti ennakoida tai seurata. (Vuolio 1987, 192.)

Kallioperäolosuhteet vaikuttavat värinöiden leviämiseen. Vaimennusta aiheutuu värinäaallon kohdatessa rajapinnan ja silloin suurin osa aallon energiasta häviää. Värinä vaimenee hyvin paljon kohdattuun eri rajapintoihin pienillä (0,5 kg–2,0 kg) momentaanisilla panoksilla ja etäisyyden ollessa 10–15 metriä. (Vuolio 1991, 166.)

Tilanne muuttuu etäisyyden ja momentaanisen räjähdysainemäärän kasvaessa. Heijastuksista, taittumisista, voimistumisesta ja vaimentumisista johtuen värinämittaustulok-

set voivat poiketa toisistaan vaikka momentaaninen räjähdysainemäärä ja etäisyys pysyisivätkin samoina. (Vuolio 1991, 166.)

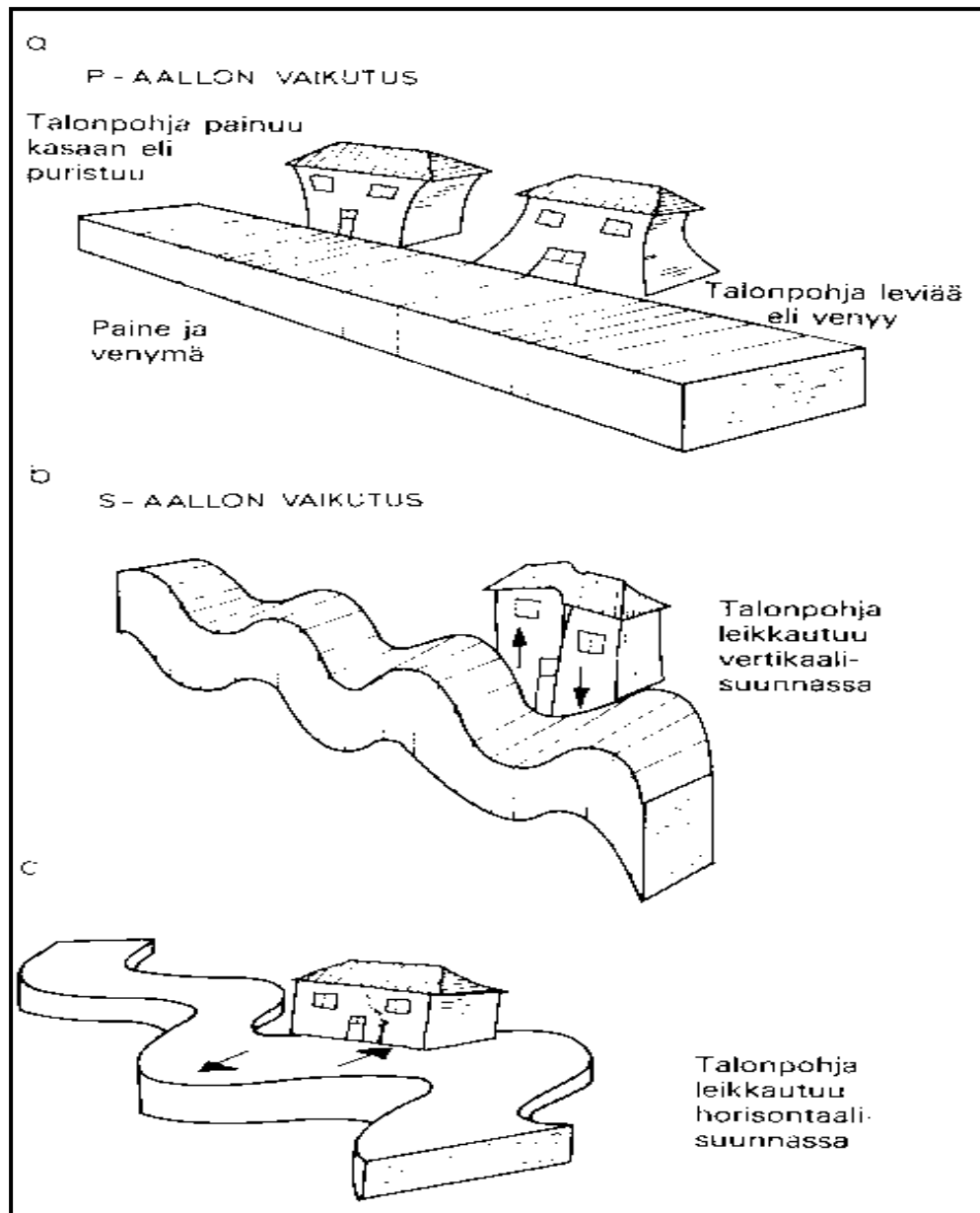
4 TÄRINÄN VAIKUTUKSET

4.1 Vaikutusten luonne rakenteissa

Tärinävaikutusten arvioinneissa on otettava huomioon rakenteen omanpainon ja muiden kuormitusten aiheuttamat merkittävät rasitukset rakenteisiin ennen tärinäkuormitusta. Rakenteiden aikaisempi kuormitushistoria ja rakenteiden kunto vaikuttavat merkittävästi niiden tärinän- ja värähtelynsietokykyyn. Huonokuntoinen rakenne vaurioituu helpommin lisäkuormituksesta, jännitys ylittää rakenteen lujuuden ja tärinä voi nopeuttaa rakenteen vaurioitumista. Tyypillisin rakenneaurio on halkeama ja se syntyy kuormituksen aiheuttamien jännitysten ylittäessä materiaalien lujuuden yleensä vetolujuuden. Etenkin tiili- ja betonirakenteilla vetolujuus on pieni. Louhintatärinän aiheuttama värähtely rakenteessa riippuu paitsi maa- ja kallioperän liikkeestä, myös rakenteen laadusta. Yleensä massiivisista rakenteista mitatut taajuudet ovat matalampia kuin kevyistä mitatut. (RIL 2010, 6.)

Tärinän siirtyminen maasta rakenteisiin on riippuvainen tärinän taajuuden ja rakenteiden ominaistajuuksien suhteista. Tärinän ollessa saman taajuisia maakerrosten ominaistajuuden kanssa, tärinä vaimenee etäisyyden kasvaessa vähiten. Erityisen ongelmallisiksi pohjaoloiksi voivat muodostua savikot, joiden alin ominaistajuus sattuu taajuudeltaan matalan tärinän kanssa samalle taajuudelle. (TTY 2009, 9.)

Koska tärinääalloilla on kolme eri heilahdusnopeuden komponenttia, yksi pystysuuntainen (P- aalto) ja kaksi vaakasuuntaista (S-aallot), on välttämätöntä mitata niitä vaurioiden estämiseksi (kuva 6). Perustuksille käytetään tärinän raja-arvona yleensä heilahdusnopeuden suurimman komponentin maksimiarvoa mutta tärinän suurimmat ohjearvot voidaan myös esittää taajuuden tai siirtymäarvojen perusteella. (RIL 2010, 19.)



Kuva 6 P- ja S-aaltojen aiheuttamia liikkeitä rakennuksissa (Vuolio 1991, 166.)

Suureet värinän esittämiseen ovat heilahdusnopeus, kiihtyvyys, taajuus ja siirtymä. Yleinen käsitys on että heilahdusnopeus on verrannollisin syntyviin vahinkoihin. (Wyllie 2004, 263.)

Heilahdusnopeus (v) on:

$$v = 2\pi f A \quad (\text{kaava 1})$$

Kiihtyvyys (a) on:

$$a = 4\pi^2 f^2 A \quad (\text{kaava 2})$$

joissa f on frekvenssi ja A on amplitudi

Raja-arvona louhinnassa käytetään heilahdusnopeuden suurimman komponentin maksimiarvoa. Suurimmat sallitut suunnitteluraja-arvot rakenteisiin kohdistuville räjäytystärinöille voidaan laskea kaavasta 3. (Vuolio 2008, 137.)

Suurin sallittu heilahdusnopeus (v) on:

$$v = F_k \times v_1, \quad (\text{kaava 3})$$

jossa

v = heilahdusnopeus (mm/s) (pystykomponentin huippuarvo)

F_k = rakennustapakerroin

v_1 = heilahdusnopeus (mm/s) eri etäisyyksillä erilaisissa perustamisolosuhteissa (pystykomponentin huippuarvo).

Rakennustapakertoimet F_k ja sallitut heilahdusnopeuden arvot eri etäisyyksille ja erilaisille materiaaleille perustettaessa ovat esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1 Rakennustapakertoimet F_k (Vuolio 2008, 139.)

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennustapakerroin F_k
1. Raskaat rakenteet kuten sillat, laiturit jne.	2,00*
2. Betoniset tai teräsrunkoiset teollisuusrakennukset, ruiskubetonoidut kallio-tilat	1,50*
3. Tiili- ja/tai betonirunkoiset toimisto- ja liikerakennukset Betoniperusteiset puutalot, kivijalalle perustetut puutalot	1,20*
4. Betoniset tai tiiliset asuinrakennukset (rakenteessa ei saa olla kevytbetonia, kalkki-hiekkatiiltä tai muuta tärinäarkaa materiaalia), ruiskubetonimattomat kalliotilat, kunnallistekniset johdot ja maakaapelit, sitoutumisvaiheessa oleva betoni (ikä 7–21 vrk)	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetonirakenteita, sitoutumisvaiheessa oleva betoni (ikä 3...7 vrk)*	0,75
6. Erikoisen tärinäherkät rakennukset kuten museot, kirkot ja muut rakennukset, joissa on korkeita holveja tai muita rakenteita, joissa on suuria jännevälejä; rakennukset, joissa on korkeita holveja tai muita rakenteita, joissa on suuria jännevälejä; rakennukset, joiden julkisivut ovat kalkkihiekkatiiltä, sitoutumisvaiheessa oleva betoni (ikä alle 3 vrk)*	0,65
7. Hajoamispiisteessä olevat historialliset rakennukset kuten rauniot	0,50
* Näiden arvojen käyttö edellyttää tärinätekniistä asiantuntemusta	

Taulukko 2 Sallittu heilahdusnopeuden arvo V_1 eri etäisyyksille ja eri materiaaleille (Vuolio 2008, 139.)

Etäisyys tarkastelun kohteena olevaan rakenteeseen tms. (m)	Materiaali, jolle rakenne on kiinnitetty tai perustettu		
	Löyhä moreeni Hiekka Sora Savi (mm/s)	Kiinteä moreeni Liuske Pehmeä kalkkikivi (mm/s)	Graniitti Gneissi Kova kalkkikivi "Kova" hiekkakivi (mm/s)
1	18	35	140
5	18	35	85
10	18	35	70
20	15	28	55
30	14	25	45
50	12	21	38
100	10	17	28
200	9	14	22
500	7	11	15
1000	6	9	12
2000	5	7	9

Kun halutaan selvittää heilahdusnopeuden arvo voidaan käyttää seuraavaa kokemuseräistä kaavaa:

$$v = k \sqrt{\frac{Q_m}{R^{1,5}}} \quad , \quad (\text{kaava 4})$$

jossa

k =kallion värinänjohtavuusluku

Q_m = momentaanisesti räjähtävä räjähdysainemäärä

R = etäisyys värinälähteestä

Värinänjohtavuusluku (k) vaihtelee paljon kallion laadun ja etäisyyden mukaan. Parhaiten k -arvo saadaan selville suorittamalla kohteessa koeräjäytyksiä. Silloin urakoitsijoilla on käytössä varmempaa tietoa kallion värinänjohtavuudesta räjäytyskenttien suunnitteluun. Heilahdusnopeutta on käytetty värinän vaurioalttiuden mittarina mitaamisen helppouden vuoksi. Yli 70 metrin etäisyyksillä on otettava huomioon värinän luonteen muuttuminen, taajuus pienenee ja matalataajuisen aiheuttamat siirtymät tulevat määrääviksi. (Vuolio 2008, 138.)

4.2 Vaikutukset laitteisiin

Laitteista vaurioitumisalttiimpia ovat tietokoneet ja niiden muistiyksiköt. Niiden raja-arvot perustuvat valmistajan antamiin tietoihin tietokoneista, joita on käytetty teollisuudessa. Tietokoneisiin kohdistuvassa värinässä huomioidaan tavallisesti kolme muuttujaa: taajuus (Hz), amplitudi (siirtymä mm) ja kiihtyvyys maan vetovoiman kiihtyvyytenä ilmaistuna (g). Suurimmat laitevalmistaja IBM:n ilmoittamat sallitut värinän raja-arvot käynnissä oleville tietokoneille ovat seuraavat:

- Kun taajuus on alle 14 Hz, 2-kertainen amplitudi on alle 0,25 mm.
- Jatkuvan värinän ja taajuuden ollessa 14 hertsistä ylöspäin suurin sallittu kiihtyvyyden arvo on 0,1 g.
- Hetkellisen värinän aikana ja taajuuden ollessa alle 7 Hz, 2-kertainen amplitudi alle 2,5 mm.

- Hetkellisen tärinän aikana ja taajuuden ollessa 7 Hz tai alle suurin sallittu kiihtyvyyden arvo 0,25 g.

4.3 Vaikutukset ihmisiin

Ihminen suhtautuu räjähdysilmiöön tunnepitoisesti eikä välttämättä erota tärinää ääni- ja paineilmiöstä. Kristallilasit alkavat kilahdella kun heilahdusnopeus on 0,1 mm/s ja huonekalut heilahdella $v = 6$ mm/s. Tärinän suhteen vaativimmissa kohteissa aloitetaan tiedottaminen jo suunnitteluvaiheessa. Silloin ihmisillä on aikaa sopeutua louhintatyön haittoihin. Työkohteissa tärinäasiantuntija huolehtii siitä, että tärinä otetaan riittävästi huomioon työn aikana.

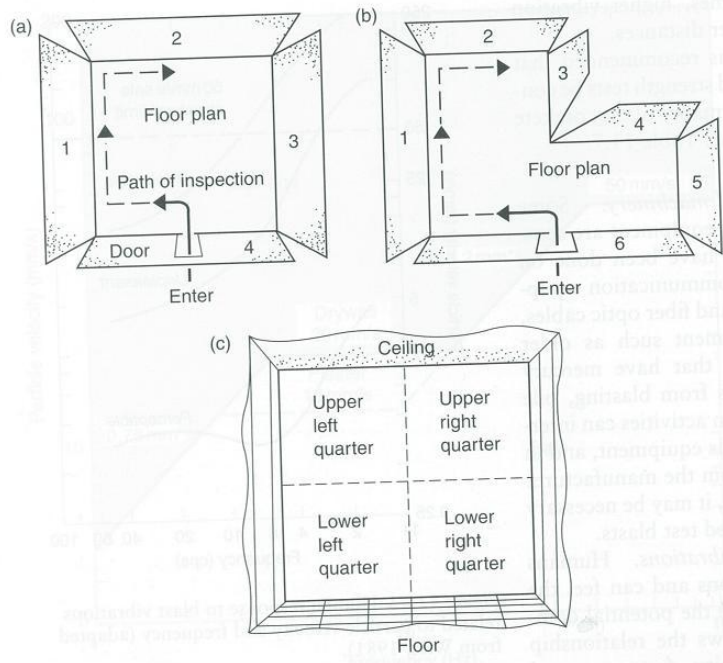
5 YMPÄRISTÖN VAHINKORISKIEN JA TÄRINÄVAIKUTUSTEN ARVIOINTI KOEKOHTEESSA

5.1 Ympäristöselvitys

Louhinnan ympäristöselvityksessä on esitetty ympäristölle aiheutuvat vahinkoriskit, jotka urakoitsijan on otettava huomioon louhintoja suorittaessaan. Siinä mainitaan myös toimenpiteet, joihin urakoitsijan tulee ryhtyä näiden riskien hallitsemiseksi. Koska urakoitsija vastaa kaikista louhintavaurioista, urakoitsija on velvoitettu ottamaan louhinnan vastuuvakuutuksen. Kiinteistökohtaiset tiedot on kerännyt Finnrock Oy:n toimesta kiinteistöjen isännöitsijöiltä, Espoon kaupungin rakennusviraston arkistoista ja paikan päällä tehtyjen selvitysten ja haastattelujen perusteella. Perustamistapatiетоjen puuttuessa rakennukset on oletettu maanvaraisesti perustetuiksi. Rakennuskohtaiset tiedot ja sallitut tärinän maksimiraja- arvot on esitetty jokaisesta kiinteistöstä laaditussa kiinteistökortissa.

Kuvassa 7 esitetään Leppävaaran solmun liikenneväylät. Linnoitustie ja kehä I:sen toisella puolella oleva Lars Sonckin kaari olivat erityisen tarkastelun kohteena. Katujen varrella olevat isot liikerakennukset olivat suurten kansainvälisten yritysten omistamia tai vuokraamia. Ympäristöselvitysvaiheessa arvioitiin rakennuksissa olevat herkäät laitteet ja muut riskialttiit toiminnot.

tää rakenteelliset vauriot kiinteistön eri osissa. Kyseinen tapa on esitetty kuvassa 8. (Wyllie 2004, 269–270.)



Kuva 8 Huonekohtainen kierto ja vaurioiden merkitsemistapa OSM:n mukaan (Wyllie 2004, 270.)

Katselmusalueen rajat on määritelty kohteen ympäristöselvityksessä. Katselmustieto tallennetaan pöytäkirjoihin, valokuviin ja videointeihin. Samalla selvitetään muut tärinäherkät laitteet ja toteutetaan mahdolliset tärinäeristykset. Louhinnan päätyttyä kohteet katselmoidaan uudestaan, mahdolliset vauriot selvitetään ja työstä aiheutuneet vahingot korvataan. Tarvittaessa työn aikana tehdään myös välikatselmoitteja. Finnrock Oy käyttää katselmuksissaan pöytäkirjaa, joka on esitetty liitteessä numero 9. Alkukatselmuksen yhteydessä tarkastetaan rakennusten kunto ja tarvittaessa pienennetään tärinän raja-arvoja olosuhteita vastaaviksi. Katselmuspöytäkirjoista luovutetaan tilaajalle yksi sarja jäljennöksiä.

Katselmusten yhteydessä tarkentuvat myös lopulliset määrät vaimennettavista tärinäherkistä laitteista, jotka vaimennetaan yleensä alkukatselmusten yhteydessä. Vai-

mennettuna laitteet kestävät 6...10 kertaa suuremman tärinän. Loppukatselmus suoritetaan alkukatselmusten laajuudessa louhintatöiden valmistuttua.

5.4 Tärinämittaus

Louhintatöiden aiheuttamaa tärinää mitataan lähinnä olevien rakennusten ja rakenteiden perustuksista. Mittarit ovat Finnrock Oy:n kaukovalvonnassa olevia Sigicom ja Abem-mittauslaitteita. Kaukokäyttöiset mittarit on kytketty Internetin kautta tärinämittaustulosten seuranta- ja raportointijärjestelmään. Kuvassa 9 Abem 1500 UVS mittari antureineen.



Kuva 9 Abem 1500 UVS tärinämittari (Forcit Oy 2009.)

6 ELEKTRONISTEN NALLIEN KOERÄJÄYTYKSET KOHTEESSA

6.1 Koetilanteen tausta

Kohteessa oli räjäytetty useita kymmeniä räjäytyskenttiä onnistuneesti. Räjäytysten edetessä kohti Lars Sonckin kadun suuria liikerakennuksia huomattiin tärinärajojen vaikuttavan kenttäkokoon oleellisesti ja näin ollen myös työmaan aikatauluun. Räjäytyskentät oli suunniteltu huolella normien raja-arvot huomioiden, mutta herkkien laitteiden kiihtyvyyden maksimi-arvot olivat vaarassa ylittyä. Tässä vaiheessa urakoitsija halusi osallistua elektronisten nallien kokeiluun. Räjähdyksineiden toimittajalla, Forcit Oy:llä, oli mahdollisuus tarjota osaava ja koulutettu henkilöstö opastamaan työmaan räjäytystyönjohtajia ja panostajia uuden järjestelmän kokeiluun. Elektronisia nalleja

on käytetty laajasti maailmalla ja sieltä saatujen kokemusten perusteella on hyödynnetty edut tärinän rajoittamisessa.

6.2 Poraus ja panostus kohteessa

Kohteen normaaleissa räjäytyskentissä reikien halkaisijat olivat 64 mm, reikien välinen etu 1,3 metriä ja reikäväli 1,6 metriä. Pengerkorkeus keskimäärin 3,0–7,0 metriä. Etäisyys rakenteisiin vaihteli 5–20 metriä.

Pohjapanoksena käytettiin dynamiittia (43 mm), varsipanoksena aniittia (40 mm ja 32 mm). Kentissä normaalina sytytysjärjestelmänä ennen elektronisten nallien kokeilua oli Nonel-sytytys. Koetilanteessa pyrittiin pitämään etu, reikäväli ja reikäkoko samana jotta päästäisiin vertailemaan Nonel-sytytyksen ja elektronisen sytytyksen eroja.

Porauksen aloitusvirhettä, kallistusvirhettä ja reikien suoruutta ei koe tilanteessa mitattu. Ammattitaitoiset porarit olivat poranneet työkohteessa useita satoja porametrejä ja panostajat eivät olleet reklamoineet porareikien suuntauksesta kertaakaan aikaisemmin. Räjähdysaineet tulivat samalta toimittajalta, Forcit Oy:lta, kumpaankin kenttään.

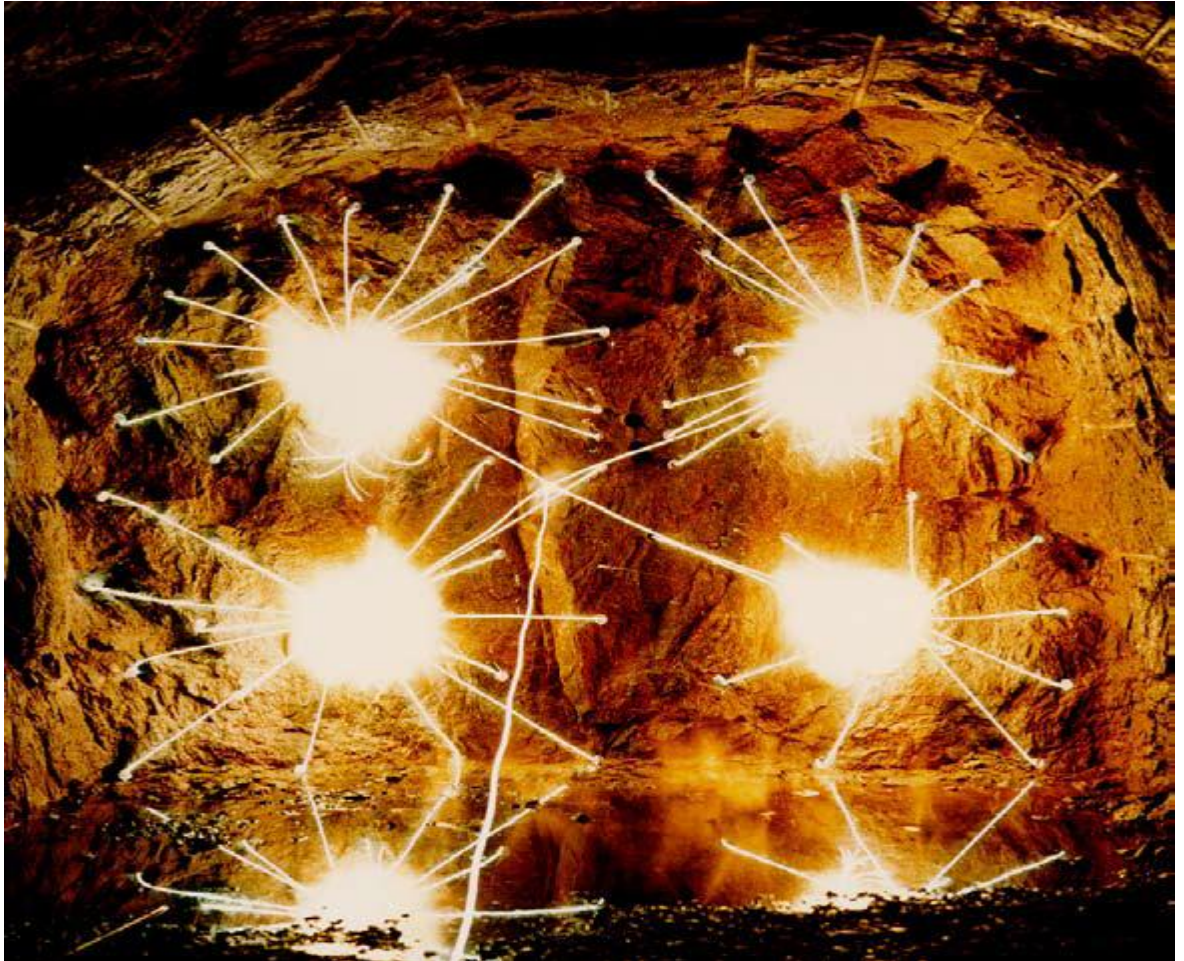
Fordyn – dynamiitti on nitroglykolia ja ammoniumnitraattia sisältävä räjähdysaine. Ominaisuuksiensa takia sitä käytettiin pohjapanoksena tässä kohteessa.

Aniitti on jauhemaine ammoniumnitraattiräjähdysaine, joka sisältää myös trotyyliä ja alumiinia. Aniitti oli tässä kohteessa varsipanoksena.

6.3 Sytytysjärjestelmät kohteessa

6.3.1 Nonel-sytytys

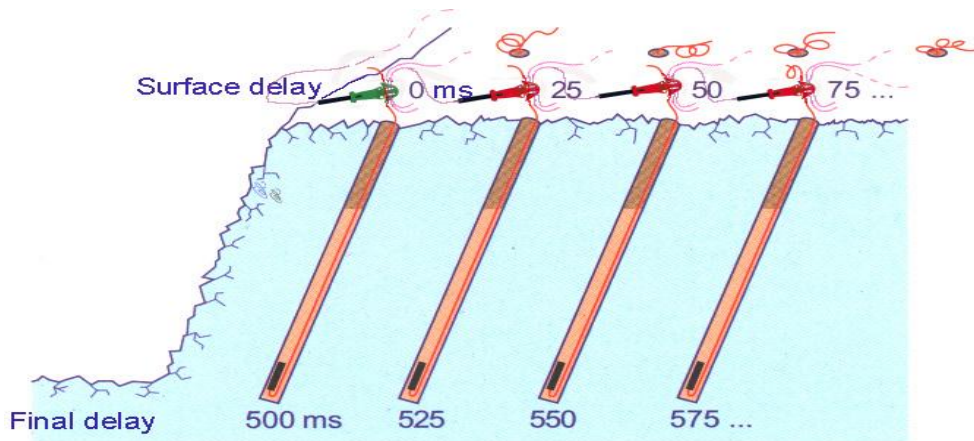
Nonel-järjestelmä tuli markkinoille sähköisen sytytysjärjestelmän rinnalle 1973. Järjestelmässä sähkötön impulssiletku, joka on sisältä päällystetty reaktiivisella materiaalilla, kuljettaa paineaaltoa letkun sisällä 2100 m/s. Letkun päässä paineaalto saa aikaan pistoliekin joka sytyttää nallin. Letku on ulkohalkaisijaltaan 3 mm ja sisähalkaisijaltaan 1,2 mm. Sisäpinnalla on hienojakoista räjähdysainetta 20 mg/m. Nonel-järjestelmä on epäherkkä sähköisille tekijöille. Kuvassa 10 näkyy kuinka paineaalto on edennyt porausreikiin kohti räjäytysnallia. Pintahidasteet ovat toimineet ja välittäneet syttymiskäskyn nalleille ja seuraava vaihe on räjähdysaineen tekemä työ.



Kuva 10 Nonel-nallien pintahidasteiden toiminta (Forcit Oy 2009.)

Hidastus eri reikien välillä hoidetaan United-järjestelmällä käyttäen pintahidasteita SL 17, SL 25 ja SL 42. Pohjanallin hidasteaika oli 500 ms. Muuttamalla pinnalla reikien välisiä ja rivien välisiä hidasteaikoja saadaan muutettua räjähdysaikoja ja näin vaikuttua tärinän suuruuteen. Nalli on räjähtävältä ja hidasteosaltaan samanlainen kuin sähkönalli. Vaihtelemalla pohjanalleja esimerkiksi 500 ms:n hidasteista 475 ms:n hidasteisiin ja käyttämällä pintahidasteita vaihdellen päästään useisiin eri sytytysvariaatioihin. Pohjanallin perushidastus (500 ms) turvaa pinnalla tapahtuvan sytytyksen ennen kiven irtoamista eikä siitä tule vaaraa johtimien katkaisemiselle. Kohteen räjäytyskentät normaalisti hoidettiin Nonel-sytytyksellä perusajatuksena rivien välinen hidastus 25 ms–42 ms ja reikien välinen hidastus 17–25 ms. Pohjanallin hidaste normaalisti 500 ms ja pinnan snapline hidastevariaatiot käyttäen kytkinkappaleita 17, 25, 42. Erilaisilla hidasteaikojen muutoksilla voitiin seurata tärinäarvojen muutosta, ohjailla kiven heittosuuntaa ja vaikuttaa lohkokokoon.

Kuvassa 11 on pitkittäisleikkaus avolouhintapenkereestä ja ylhäällä näkyvät snapline hidasteet 0 ms vihreänä ja 25 ms punaisena. Lisäksi pohjanalleihin on merkitty todellinen syttymisaika, jonka pintahidasteiden tuoma ajan lisäys tuo 500 millisekunnin pohjanallille.

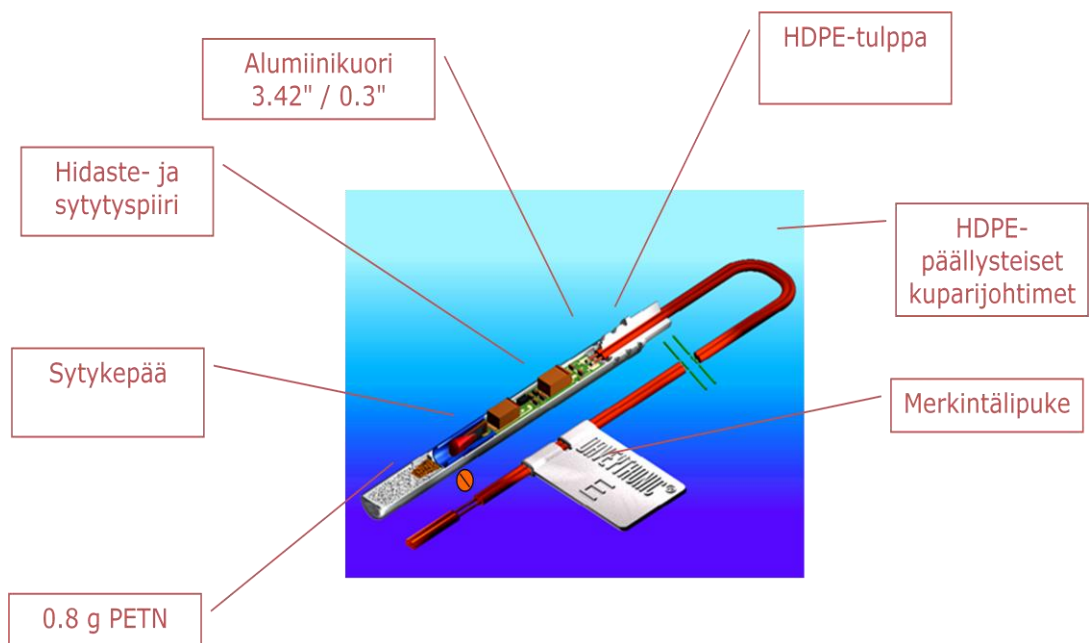


Kuva11 Nonel United –sytytys (Forcit Oy 2009.)

6.4 Elektroniset nallit

Elektroniset nallit, kuten koeräjäytyksessä käytetty Daveytronic, ovat olleet käytössä maailmalla 15 vuotta. Niiden käyttäjämaina Ranska, Usa, Australia ja Etelä-Amerikan maat. Näissä maissa elektronisilla nalleilla saatiin ohjelmoitua suuria kenttiä oikea aikaan sytytykseen. 1990-luvun lopulla huomattiin elektronisten nallien edut tärinän rajoittamisessa asutuskeskuslouhinnassa. Ranskassa ja Yhdysvalloissa tehdyissä vaativissa louhintakohteissa huomattiin tarkan ajastuksen edut tärinänrajoittamisessa. Suurten maiden lisääntyneen käytön myötä myös hinta alkoi lähestyä perinteisten sytytysmenetelmien hintaa.

Suomeen ensimmäiset elektroniset nallit tulivat kotimaisen räjähdysaineiden valmistajan ja markkinoijan Oy Forcit Ab:n kautta. Kokeilut 1990-luvulla eivät vielä saaneet urakoitsijoita käyttämään elektronisia nalleja. Syksyllä 2006 Oy Forcit Ab toi Suomeen Daveytronic II-järjestelmän ja sitä alettiin kokeilla avo- ja tunnelilouhintakohteissa. Järjestelmä sisältää ohjelmoitavat räjäytysnallit, ohjelmointi- ja laukaisuyksiköt sekä räjäytyssuunnittelua täydentävän tietokoneohjelmiston. Kuvassa 12 Daveytronic räjäytysnallin leikkauskuva.



Kuva 12 Daveytronic-elektroninen nalli (Forcit Oy 2009.)

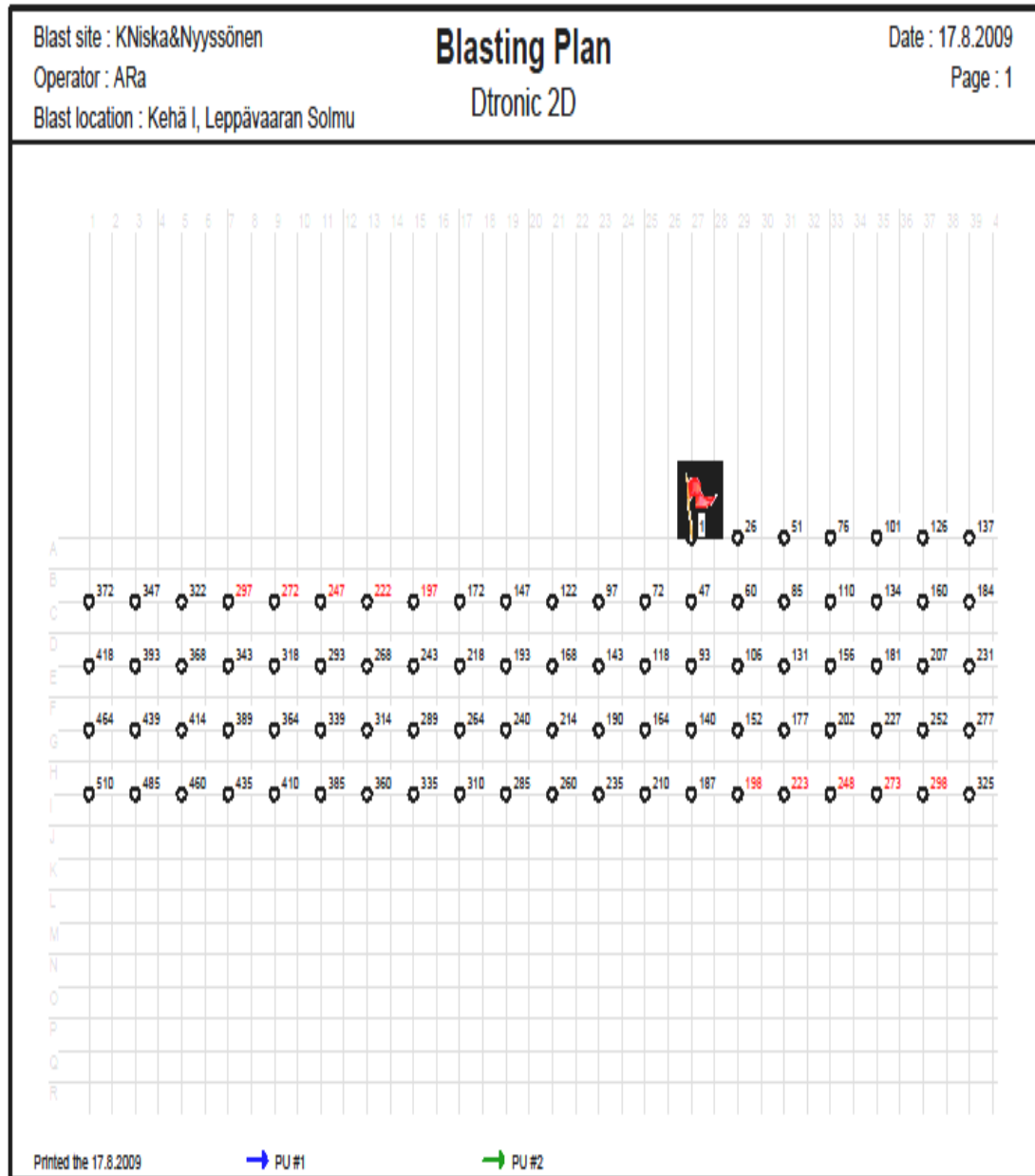
Räjätyskentällä nallitus ja panostus tehdään perinteisesti, mutta nallien syttymisjärjestys suunnitellaan tietokoneella, data siirretään ohjelmointiyksikköön, joka antaa hidasteajat nalleille. Nalleihin voidaan ohjelmoida hidasteaikavälit 0–14 000 ms ja aikaväli pienimmillään voi olla 1 ms. Yhdellä ohjelmointiyksiköllä voi ohjelmoida 1 000 kpl nalleja, käytössä voi olla 2 kpl yksiköitä yhtä laukaisulaitetta kohti. Ohjelmointiyksiköllä ei voi kehittää laukaisuun tarvittavaa energia määrää eikä laukaisukoodia. Nallit voidaan kytkeä rinnan runkolinjaan joka helpottaa ja nopeuttaa kytkemistä. Räjätyskentistä voidaan aina tarkistaa nallien määrä, toimintakunto, kytkennät ja virheelliset hidastusajat.

Kuvassa 13 panostaja siirtää hidasteaikoja ohjelmointiyksiköllä nalleihin. Tietokoneella ohjelmoitu syttymisjärjestys siirtyy jokaiseen nalliin, lisäksi laite tarkistaa jokaisen nallin toimintakunnon.



Kuva13 Elektronisten nallien ohjelmointiyksikkö työmaalla (Forcit Oy 2009.)

Kuvassa 14 on malli ohjelmoidusta kentästä räjäytyskohteessa. Kaaviossa näkyy elektronisten nallien hidasteajat millisekunteina.



Kuva 14 Elektronisten nallien sytytyskaavio (Forcit Oy 2009.)

Kun kenttä on panostettu ja ohjelmoitu, voidaan tiedot siirtää laukaisulaitteelle. Laukaisulaite vastaanottaa kentän tietoja ohjelmointiyksiköltä, tarkistaa nallit, antaa laukaisuvirran nalleille ja kerää historiatiedot toteutuneesta laukaisusta. Laukaisulaitteen kalleus on yksi elektronisten nallien käytön rajoitteista, mutta viimeaikoina useat valmistajat ovat alkaneet myös vuokrata laitteita. Kuvassa 15 laukaisulaite toiminnassa.



Kuva 15 Elektronisten nallien laukaisulaite (Forcit Oy 2009.)

6.5 Kenttäkokeet ja koepaikan järjestelyt

Leppävaaran Solmun työkohteessa saatiin lupa urakoitsija Niska & Nyysönen Oy:ltä tehdä koeräjäytyksiä, joissa voitiin vertailla Daveytronic ja Nonel-sytytystä. Räjäytykset tehtiin hyvin lähellä toimistotaloja joten alhaiset tärinärajat sekä yksi Suomen vilkkaimmista teistä asettivat rajoituksia työlle. Työmaalla järjestettiin tutustuminen elektronisten nallien teknisiin yksityiskohtiin ja Oy Forcit Ab opasti myös käytännön tilanteissa kentällä. Daveytronic -järjestelmää saavat toistaiseksi käyttää vain koulutetut ja hyväksytyt henkilöt. Näiden oikeuksien haltijat Suomessa (2 kpl) ovat Oy Forcit Ab: n palveluksessa. Kuvassa 14 näkyy havainnollisesti kuinka lähellä suuria toimis-

totaloja räjäytykset tehtiin. Urakoitsija tekee räjäytystyöt urakka-asiakirjojen määräävissä rajoissa mahdollisimman tehokkaasti josta johtuen koeräjäytykset eivät saa sotkea liiaksi urakoitsijan ennalta suunniteltua aikataulua. Nyt kuitenkin pystyttiin nopeasti saamaan kokeneet panostajat osallistumaan kenttien suunnitteluun ja päästiin vertaamaan todellisia tuloksia.



Kuva 16 Räjäytykset toimistotalojen vieressä (Forcit Oy 2010.)

Kentät oli peitettävä erityisen hyvin läheisen tien, mutta etenkin suurten toimistotalojen vuoksi. Toimistoissa työskenteli satoja ihmisiä räjäytysten ajan, joten heitto ja sinkoutuminen oli hallittava erityisen hyvin. Tämä asetti vaatimuksia myös sytytysjärjestelmälle. Raskaat painopeitteet katkovat helposti nallijohtimia, jolloin kentän räjäytys saattaa epäonnistua.

7 TULOKSET

7.1 Kenttäkokeiden tulokset

7.1.1 Kentän 18 tulokset

Tarkempaan tarkasteluun tärinän määrittelyn kannalta otettiin 10.8.2009 klo 12.58 ja 17.8.2009 klo 12.59 suoritettut räjäytykset. Leppävaaran Solmun kenttä numero 18, 10.8.2009, oli porattu heittosuunnaltaan itään. Reikien etu oli 1,3 m, reikäväli 1,6 m, pengerkorkeus oli 4,6 m ja ohiporaus 0,4 m. Reikäpanos oli 3,9 kg, joka oli myös momentaaninen eli kerralla samalla nallinumerolla räjähtävä panos. Kentän kokonaisräjähdysainemäärä 26 reiässä oli 102,7 kg, ja kentän kiintotilavuus 270 m³ ktr jolloin ominaispanostukseksi tuli 0,380 kg. Tällä panostusasteella todettiin lohkarikoko sopivaksi kuormaukseen ja jatkokäyttöön. Sytytysjärjestelmä oli Nonel United, jossa pohjanallina 500 ms ja snapline-pintahidasteina 17 ms ja 25 ms kytkentäkappaleet. Mittauspisteet joita erityisesti seurattiin olivat numero 49C laite, 49C rak. ja 49B laite. Näiden mittauspisteiden raja-arvot olivat muodostuneet määrääviksi jo aikaisemmin räjäytetyillä kentillä. Etenkin mittapiste 49C laite, jossa raja-arvoksi oli asetettu 2,5 m/s², määräsi kenttäkokoja ja tätä kautta koko hankkeen kustannustehokkuutta ja aikataulutusta.

Kentän räjäytyksen jälkeen saatujen mittaustulosten jälkeen huomattiin laitesalin 49C raja-arvon oleva aivan riskirajoilla. Tulos 2,66 m/s², 174 Hz:n taajuudella oli pieni raja-arvon ylitys laitetilassa. Kenttäkoko ja sytytys Nonel-järjestelmällä oli optimoitu mahdollisimman hyvin mutta silti kiihtyvyyden raja-arvoissa oli vaikea pysyä. Liitteessä 1 on räjäytyssuunnitelma, liitteessä 2 aikahistoriakäyrät, liitteessä 3 räjäytyspäiväkirjassa mittaustulokset määräävimmästä komponentista. Tulosten analysointi osoittaa mahdollisuuden tarkentaa reikien välistä aikaeroa. Elektronisilla nalleilla voidaan erotella tarkasti eri aikaan räjähtävien reikiä, joka vähentää tärinän yhteisvaikutusta.

7.1.2 Elektronisen kentän tulokset

Seuraavan kentän porausruutu ja reiän halkaisija olivat samat kuin kentän 18. Etu oli 1,3 m ja reikäväli 1,6 m, mutta pengerkorkeus muuttui matalammaksi, noin 3,6 met-

riin. Reikien kokonaismäärä oli 87 kpl, kentän kokonaisräjähdemäärä 265,4 kg, momentaaninen räjähdysainemäärä 3,05 kg ja ominaispanostus 0,360 kg. Kentän sytytysjärjestys ohjelmoitiin Daveytronic-ohjelmointiyksiköllä niin että samassa rivissä peräkkäisten reikien syttymisaikaero oli vähintään 25 ms ja peräkkäisten rivien vaihdot ensimmäiseltä riviltä 137 millisekunnista toiselle riville 184 millisekuntiin, kolmas rivi 231 ms, neljäs rivi 277 ms ja viides 325 ms. Liitteenä oleva räjäytyssuunnitelma näyttää jokaisen reiän hidasteajan. Lisäksi etuna oli yksittäisen reiän tarkempi ajatus jos porauksen suuntauksessa huomattiin eroja. Näin saatiin eliminoitua osittain porausvirheenkin vaikutusta. Koeräjäytyksen mittauksissa huomattiin myös hyvin tärinäaltojen yhdistyminen ja heijastuminen. Kauempana mittapisteeellä 49 B laitteissa huomattiin kiihtyvyyden arvojen nousua jo 59 prosenttiin raja-arvoista. Matkaa mittapisteeseen oli 66 metriä, joten kentän räjähdysainemäärän yhteisvaikutus alkoi näkyä tuloksissa.

Räjäytyksen jälkeen saatiin mittaustuloksista varmistus siihen että hidasteiden ajastuksen tarkennus oli auttanut määräävimmän raja-arvon hallinnassa. Kiihtyvyyden maksimi arvoksi saatiin herkimmän laitteen vertailumittarille 0.765 m/s². Tämä vastasi 31 prosentin tasoa raja-arvoon verrattuna. Aikahistoriakäyrästä voitiin havaita ajastuksen tasaisemman jakautumisen jolloin huippuarvot olivat matalampia. Liitteessä 4 näkyy ajastussuunnitelma, liitteessä 5 tietokoneohjelmoitu syttymisjärjestys, liitteessä 6 aikahistoriakäyrät, liitteessä 7 räjäytyspäiväkirja, joka näyttää määräävimmat raja-arvot. Työkohteen vaatima mittariverkko näkyy liitteessä 8 pallo- ja kolmiosymboleilla merkittyinä.

8 YHTEENVETO

Leppävaaran Solmun elektronisten nallien kokeilu osoitti avolouhinnassa kenttäkoon kasvattamisen mahdollisuuden yli 100 prosentilla. Koeräjäytyksessä samoilla etäisyyksillä räjäytettäessä voitiin 270 m³ kenttä suurentaa jopa 730 m³ kenttään. Yhden kentän koeräjäytys ei anna kuitenkaan luotettavaa tulosta edes samalta etäisyydeltä räjäytettäessä. Kallion jännitystilamuutokset, vesiolosuhteet, porausvirheet, ruhjeet ja useat muut sadat syyt vaikeuttavat tulosten tarkkaa arviointia. Elektronisten nallien käytön edut on kiistattomasti löytyneet jo näilläkin koekentillä. Varmuus jokaisen nallin syttymisjärjestyksestä ja sen tarkistamisesta on varmasti yksi

alan suurimmista uudistuksista. Turvallisuutta ja ennakoivaa riskienhallintaa ei voi pois sulkea tulevaisuuden vaativista infrarakentamisen työkohteista.

Taulukko 3 Kenttien vertailu koon mukaan

R-aine yht.[kg]	m3ktr	Lisäys m3ktr	Lisäys %
102,7	270		
265.4	730	460 m3ktr	170

Yksittäisellä koeräjäytyksellä ei voi päätellä myöskään täysin tärinöiden käyttäytymistä. Leppävaaran Solmun useat kymmenet räjäytetyt Nonel-kentätkin osoittivat hyvin vaihtelevia mittaustuloksia samoilta etäisyyksiltä. Oheisessa taulukossa 4 on näkyvissä kokeilukenttien tärinätulosten vertailu kiihtyvyyden raja-arvon mukaan. Tuloksessa on huomioitu kaikkein suurimman komponentin kiihtyvyyssarvo. Koeräjäytyksessä onnistuttiin täydellisesti tärinänrajoittamisessa aikaisempaan räjäytykseen verrattuna.

Taulukko 4 Kenttien raja-arvovertailu

Kenttä numero	Mittapiste	Tulos[m/s²]	Raja[m/s²]	%
Nonel 18	49 C Nokia	2,66	2,5	106
Elektr. Nallit	49 C Nokia	0,765	2,5	31

Elektronisten nallien kokeilussa huomattiin haastavien aikavälien suunnittelun helpous tietokoneohjelmistolla. Ohjelmisto auttaa hahmottamaan vaikeatkin ajastusyhdistelmät, niitä on helppo tarvittaessa muuttaa. Työmaalle voi toimittaa saman sarjan nallit, ei tarvitse miettiä tilausvaiheessa vielä hidasteiden laatua ja eri tyyppien määrää.

Räjäytettävät kentät on helpompi peittää kuin Nonel-järjestelmän kentät. Peittäessä ei tarvitse varoa niin paljon johtimia, koska tiedot ovat jo siinä vaiheessa ohjelmoitu nalleihin. Aikavälien ohjelmointi on tarkkaa, sitä voidaan hyödyntää tarkkuus louhinnassa. Vierekkäiset reiät voidaan sytyttää lyhyellä aikavälillä (esimerkiksi 1 ms), jolloin reikien välille syntyy louhintajäljen kannalta sopivin jännitystila.

Haittapuolia järjestelmässä on vielä elektronisien nallien hinta, sillä ne ovat 4–5 kertaa perinteisiä kalliimpia ja käyttöoikeuksien rajallisuus. Laukaisulaitteita on vähän, ja niiden käyttö on kallista ja luvanvaraista. Elektronisia nalleja tarjoavat yritykset ovat aloittaneet laukaisulaitteiden vuokraustoiminnan poistaakseen laitteen kalleuden aiheuttamaa kokeilukynnystä. Kilpailevan Nonel-järjestelmän laukaisulaitteet ovat elektronisten nallien laukaisulaitteisiin verrattuna pieniä, helppokäyttöisiä ja edullisia. Elektronisten nallien kokeilua olisi syytä jatkaa eri puolilla maata, silloin saataisiin erilaisia vertailuarvoja vaihtelevista kivityypeistä ja tutkimustuloksia käytön tueksi.

Tietoisuuden ja kokeilujen lisääntyessä elektroniset nallit varmasti yleistyvät Suomessa vaativissa asutuskeskuslouhintakohteissa. Maailmalla elektronisen nallin hinta on jo pudonnut selvästi lisääntyneen käytön myötä. Kenttien kokoa kasvattamalla päästään vaikeissakin paikoissa kustannustehokkaasti eteenpäin, aikataulujen teko on helppompaa ja lisäksi voidaan pitää työn jälki hyvänä.

LÄHTEET

Forcit Oy 2010, Ruutiset-lehti Internetissä. Saatavissa:<http://www.forcit.fi/forcit-explosives/ruutiset-lehti/>

Lehto Heikki & Luoma Tapani 1994. Fysiikka 2: Aaltoliike, uudistettu painos 5-7, Kirjayhtymä Oy. 1. painos. Saarijärven Offset Oy, 2010.

OSM Blasting Seminar November 2007. [viitattu 19.4.2010]
<http://www.techtransfer.osmre.gov/ARsite/Workshops/2008/BW/Presentations/Session%203/DBartley%20GroundVibrationandAirblast.pdf>

RIL 253-2010. Rakentamisen aiheuttamat värinät. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

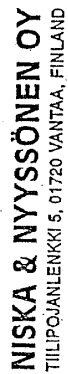
Tiehallinto/Liikennevirasto. Saatavissa:
http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=11120&_pageid=71&kieli=fi&linkki=22955&julkaisu=7861

TTY Maa-, ja pohjarakenteet 2009. Rakentamisen aiheuttamat värinät, lausuntoversio.

Vuolio, Raimo 1991. Räjätystyöt 1991, 3.painos, Forssa, Forssan kirjapaino Oy.

Vuolio, Raimo 2008. Räjätysopas 2008, 3.painos, Forssa, Forssan kirjapaino Oy.

Wyllie, C.D & Mah, WC 2004. Rock Slope Engineering, Civil and Mining, 4th edition, New York, Spon press.



NISKA & NYSSÖNEN OY
 TIILIPOJANLENKKI 5, 01720 VANTAA, FINLAND

Käytetyt räjähdysaineet:

No	Dyn	Anilitti		m	kpl
475			Ø		26 kpl
453			Ø		26 kpl
47			Ø		28.6 kg
	40		Ø		46.8 kg
	32		Ø		27.3 kg
			Ø		kg
			Ø		kg
					kg
					kg
					kg
					Yht. 162.7 kg

Yht. 1627

Louhintatyön kanttäkortti

Työmaa: Leppävaara 30 km v. Na

Kenttä n:o

[illegible]

Räjäyttyshetki: Pvm	Klo	Klo	Klo
10/18	200	12	18

Räjätysaika: Pvm	Klo	Klo

Panostaja: *Monni* *214 m.äki* Räläytystyöjohtaja: *Timo Vesonen*

Tärinämittaukset:

Vartiomiehet	Hälytyspölli	Peittäminen

Muut huomioitavat seikat:

Aikahistoriakäyrä

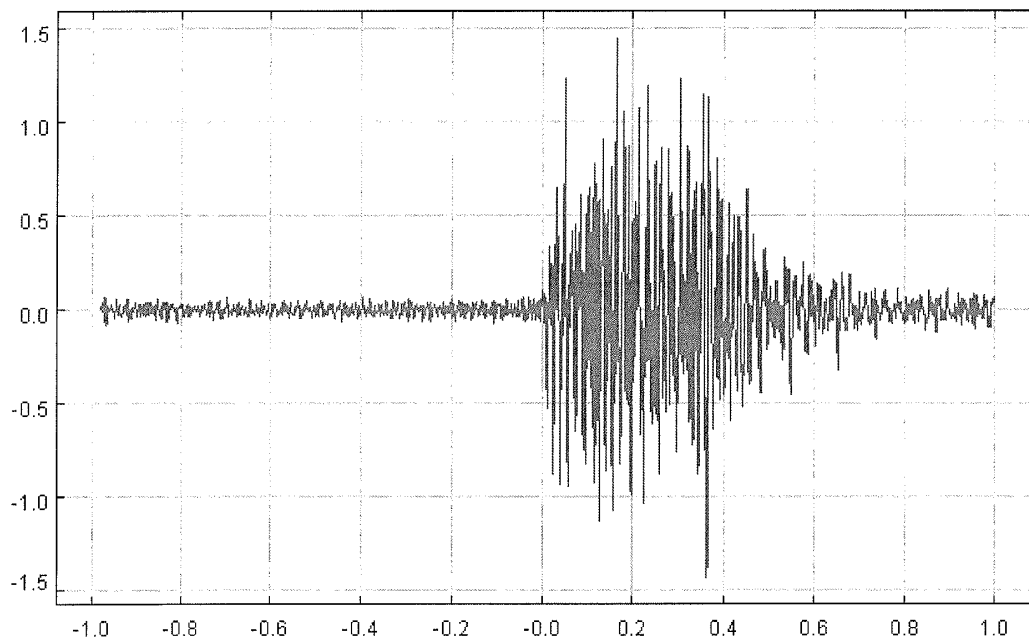
Oy Finnrock**Aikahistoriakäyrä**

20090615 - Leppävaaransolmu

Siirrä Tulosta Sulje

Mittauspistetiedot Kohde 49C- Nokia
Sijainti C-rak. konesali3 laite
akseli Pitkittäinen
Räjätys 18
Aika 2009-08-10 12:58:50
Uusin arvo 1.44 m/s2
 3.46 mm/s
 8.97 um
 151 Hz

Standardi Default
aika domain Ei yhtään
Taajuusanalyysi Ei yhtään
alipäästö [Hz]
ylipäästö [Hz]
Ikkuna Ei yhtään
Mistä [s]
Mihin [s]
Lineaariasteikko
Näyttöformaatti zoomattava



Aikahistoriakäyrä

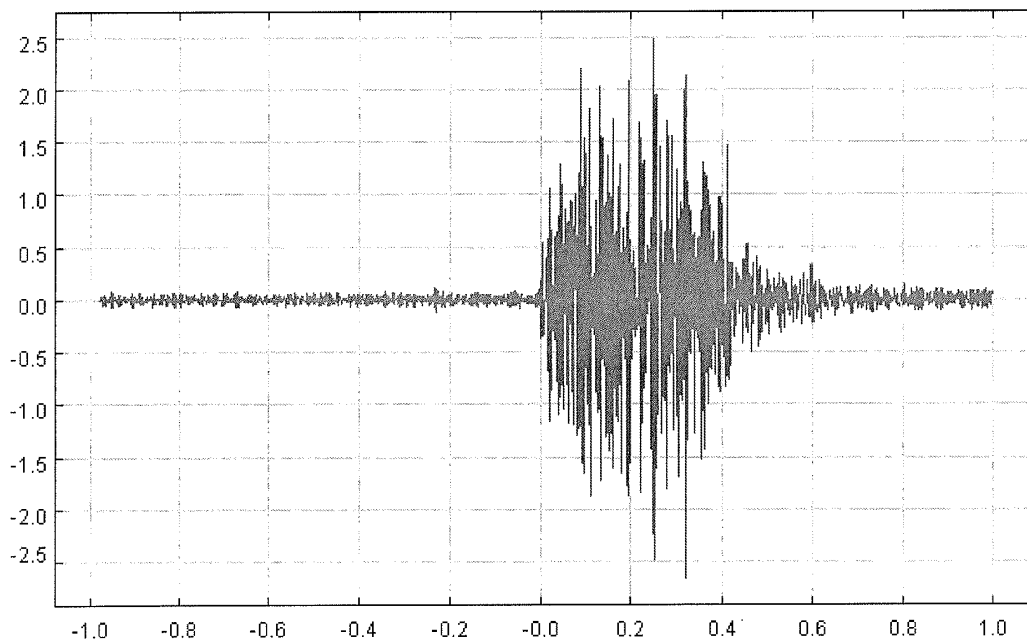
Oy Finnrock**Aikahistoriakäyrä**

20090615 - Leppävaaransolmu

Siirrä Tulosta Sulje

Mittauspistetiedot Kohde 49C- Nokia
Sijainti C-rak. konesali3 laite
akseli Poikittainen
Räjätys 18
Aika 2009-08-10 12:58:50
Uusin arvo 2.66 m/s2
 3.35 mm/s
 9.74 um
 174 Hz

Standardi Default
aika domain Ei yhtään
Taajuusanalyysi Ei yhtään
alipäästö [Hz]
ylipäästö [Hz]
Ikkuna Ei yhtään
Mistä [s] 0
Mihin [s] 0
Lineaariasteikko
Näyttöformaatti zoomattava
 luo

































Räjätyspäiväkirja

Oy Finnrock
















Räjätyspäiväkirja

20090615 - Leppävaaransolmu

Räjätyspäiväkirjan suodin	Mistä:	Mihin: 2010-04-15 13:02:47	Siirrä Tulosta Sulje
Räjätysnro 18	Työmaa Solmu/Lopputyö	Ohiporaus [m] 0.4	Osapanosten lkm / reikä 26
Osa	Nimikirjaimet	Hidasteiden määrä 26	Pääräjähdysaine Aniitti
Pvm 2009-08-10	Aika 12:58:00	Panos/nalli [kg] 3,9	Panos/hidaste [kg] 3,9
Aikajänne [s] 300	Pohjoinen 2067	Panos/räjätys [kg] 395	Nallin tyyppi None!
Itä 995	z 0	Kentän tilavuus [m³] 270	Momentaaninen räjähdysainemäärä [kg] 3,9
Reikien lkm 26	Reikäläpimitta [mm] 64	Ominaispanostus [kg/m³] 0,36	Peittotapa Kumimatot 3 krt
Reikäväli [m] 1.3	Rasitus [m] 1,6	Peittojen määrä 24	
Reikäsyvyys [m] 5.0	Terveisin		

Mittauspistetiedot	Sijainti	Pvm	Uusin arvo	Raja-arvo	Osuus	Etäisyys	Huomautus
Kohde 47 - V	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-10 12:58:49	2.55 mm/s	 14	18%	235	
Kohde 47 - L	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-10 12:58:49	1.05 mm/s	 235		235	
Kohde 47 - T	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-10 12:58:49	0.75 mm/s	 235		235	
Kohde 49A- Nokia - T	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:50	2.47 m/s²	 25	10%	116	
Kohde 49A- Nokia - V	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:50	6.1 m/s²	 25	24%	116	
Kohde 49A- Nokia - L	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:50	9.1 m/s²	 25	36%	116	
Kohde 49A- Nokia - V	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:54	15.8 m/s²	 25	63%	116	
Kohde 49A- Nokia - L	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:54	19 m/s²	 25	76%	116	
Kohde 49A- Nokia - T	A-rak. AK	2009-08-10 12:58:54	8.44 m/s²	 25	34%	116	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:54	5.4 mm/s	 69		69	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:54	0.84 m/s²	 66		66	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:54	13.9 mm/s	 69		69	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:54	0.61 m/s²	 66		66	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:54	7 mm/s	 20	35%	69	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:54	0.81 m/s²	 2.5	32%	66	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:49	15.1 mm/s	 69		69	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:49	1.31 m/s²	 66		66	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:49	10.5 mm/s	 20	52%	69	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:49	1.16 m/s²	 2.5	46%	66	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-rak.	2009-08-10 12:58:49	10 mm/s	 69		69	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-10 12:58:49	1.49 m/s²	 66		66	
Kohde 49C- Nokia - V	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:50	9.05 mm/s	 25	36%	13	
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:50	2.66 m/s²	 2.5	106%		
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:50	8.5 mm/s	 13		13	
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:50	1.44 m/s²	 2.5	58%		
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:50	14.8 mm/s	 13		13	
Kohde 49C- Nokia - V	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:54	1.7 mm/s	 25	7%	13	
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:54	0.405 m/s²	 2.5	16%	10	
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:54	2 mm/s	 13		13	
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-10 12:58:54	2.15 mm/s	 13		13	

Räjätyspäiväkirja

Kohde 49C- Nokia	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:50	2.43 m/s²		2.5	97%	10
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:54	0.37 m/s²		2.5	15%	
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 laite	2009-08-10 12:58:54	0.66 m/s²		2.5	26%	
Kohde 49D- Nokia - V	D-rak vss/seinä	2009-08-10 12:58:49	9.45 mm/s		25	38%	68
Kohde 49D- Nokia - L	D-rak vss/seinä	2009-08-10 12:58:49	4.8 mm/s		25	19%	68
Kohde 49D- Nokia - T	D-rak vss/seinä	2009-08-10 12:58:49	8.3 mm/s		25	33%	68
Kohde 49E- Nokia - V	E-rak. Ak	2009-08-10 12:58:49	1.32 m/s²		25	5%	120
Kohde 49E- Nokia - T	E-rak. Ak	2009-08-10 12:58:49	1.21 m/s²				120
Kohde 49E- Nokia - L	E-rak. Ak	2009-08-10 12:58:49	1.33 m/s²				120
Kohde 56 Harkkorak. - L	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:50	0.65 m/s²				173
Kohde 56 Harkkorak. - T	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:50	0.655 m/s²				173
Kohde 56 Harkkorak. - V	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:54	0.625 m/s²				173
Kohde 56 Harkkorak. - L	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:50	1.19 m/s²		2.5	48%	173
Kohde 56 Harkkorak. - T	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:54	1.01 m/s²				173
Kohde 56 Harkkorak. - V	Lars Sonckin kaari 12	2009-08-10 12:58:54	1.24 m/s²		2.5	50%	173

Reiän halkaisija:	64	mm
Reikien määrä:	87	kpl
Etu:	1.3	m
Reikäväli:	1.6	m
Pengerkork, keskim.:	3.6	m
Ohiporaus:	0.4	m
Porametrit:	378	m
Kentän koko:	730	m3ktr
Ominaisporaus:	0.47	m/m3ktr
Omin. panostus:	0.36	kg/m3ktr
Maksimi reikäpanos:	3.05	kg
Mom. räjähdysaine:	3.05	kg
Etäisyys rakenteeseen:	~13	m
Käytetyt räjähdysaineet:		
Nonel	VA	m
		kpl
		m
		kpl
Dyn	Aniitti	
43		
	40	Ø 47.0
		kg
	32	Ø 156.6
		kg
		Ø 60.9
		kg
		Ø 265.4
		kg
		kg
		kg
		kg
		Yht. 265.4
		kg

Louhintatyön kenttäkortti

Työmaa:

Kenttä n:o ELEKTROVALIT

LEPPAVARAIN SOLMU

Kenttä n:o ELEKTROVALIT

Sarjaanlyöntä	kpl	Yhden sarjan vastus:
Vastaus yhteensä:		

Sariaankytkentä kpl Yhden sarjan vastus:

Runkojoihdon vastus:

Rajäytsyhetki: Pvm	Klo	Klo
17.01.2009		

Räjätyshetki: Pvm	/	Klo	Klo

Panostaja: _____ Räjätystyönjohtaja: _____

Tärinämittaukset:

Vartiomiehet	Hälytyspölli	Peittäminen
--------------	--------------	-------------

Muut huomioitavat seikat:

Yht. 265.5

17.8.2009

Date : 12.8.2009

Page : 1

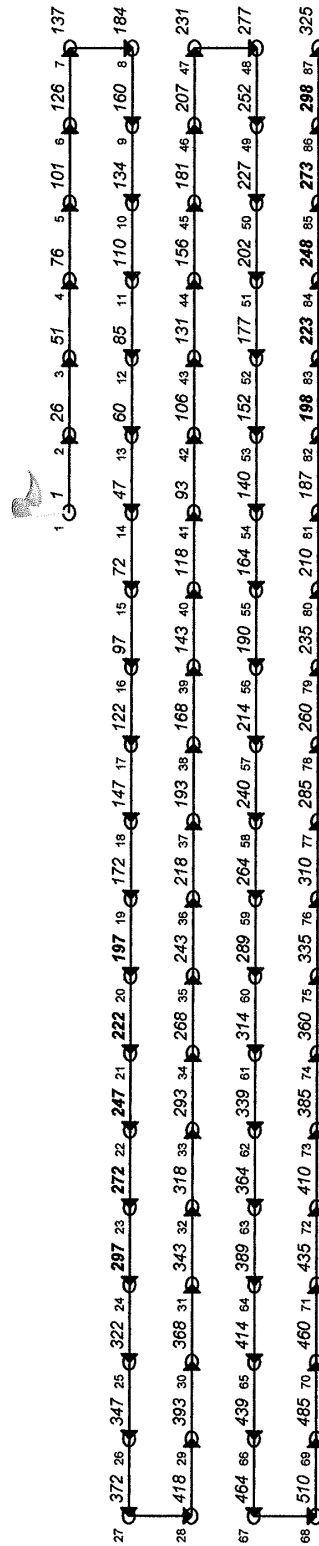
Blasting Plan

Dtronic 2D

Blast site : Kehä I

Operator : Niska&Nyyssönen

Blast location : Leppävaaran solmu



Printed the 16.8.2009

→ PU #1

----> PU #2

Blast site : Kehä I, Leppävaaran Salmu
 Operator : Niska&Nyyssönen
 Blast location : Kenttä 24

Blasting Plan

Dtronic 2D

Date : 17.8.2009
 Page : 1

Programming Path #1

Det's order number	Delay
1	326
2	351
3	376
4	401
5	426
6	451
7	476
8	522
9	497
10	472
11	447
12	422
13	397
14	372
15	347
16	322
17	297
18	272
19	247
20	222
21	197
22	172
23	147
24	122
25	97
26	72
27	47
28	93
29	118
30	143
31	168
32	193
33	218
34	243
35	268
36	293
37	318
38	343
39	368
40	393
41	418
42	443

Programming Path #1

Det's order number	Delay
43	468
44	493
45	518
46	543
47	568
48	614
49	589
50	564
51	539
52	514
53	489
54	464
55	439
56	414
57	389
58	364
59	339
60	314
61	289
62	264
63	239
64	214
65	189
66	164
67	139
68	185
69	210
70	235
71	260
72	285
73	310
74	335
75	360
76	385
77	410
78	435
79	460
80	485
81	510
82	535
83	560
84	585

Blast site : Kehä I, Leppävaaran Salmu
Operator : Niska&Nyyssönen
Blast location : Kenttä 24

Blasting Plan

Dtronic 2D

Date : 17.8.2009

Page : 2

Programming Path #1

Det's order number	Delay
85	610
86	635
87	660

Aikahistoriakäyrä

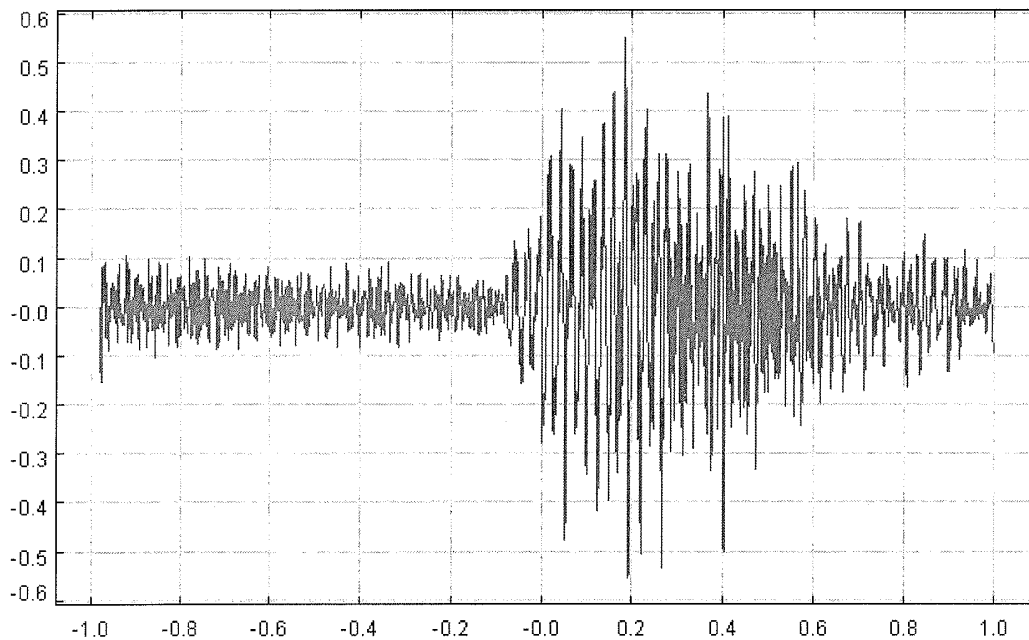
Oy Finnrock**Aikahistoriakäyrä**

20090615 - Leppävaaransolmu

[Siirrä](#) [Tulosta](#) [Sulje](#)

Mittauspistetiedot Kohde 49C- Nokia
Sijainti C-rak. konesali3 laite
akseli Pitkittäinen
Räjäytys
Aika 2009-08-17 12:58:47
Uusin arvo 0.555 m/s2
1.68 mm/s
5.54 μ m
50.5 Hz

Standardi Default
aika domain Ei yhtään
Taajuusanalyysi Ei yhtään
alipäästö [Hz]
ylipäästö [Hz]
Ikkuna Ei yhtään
Mistä [s]
Mihin [s]
Lineaariasteikko
Näyttöformaatti zoomattava



Aikahistoriakäyrä

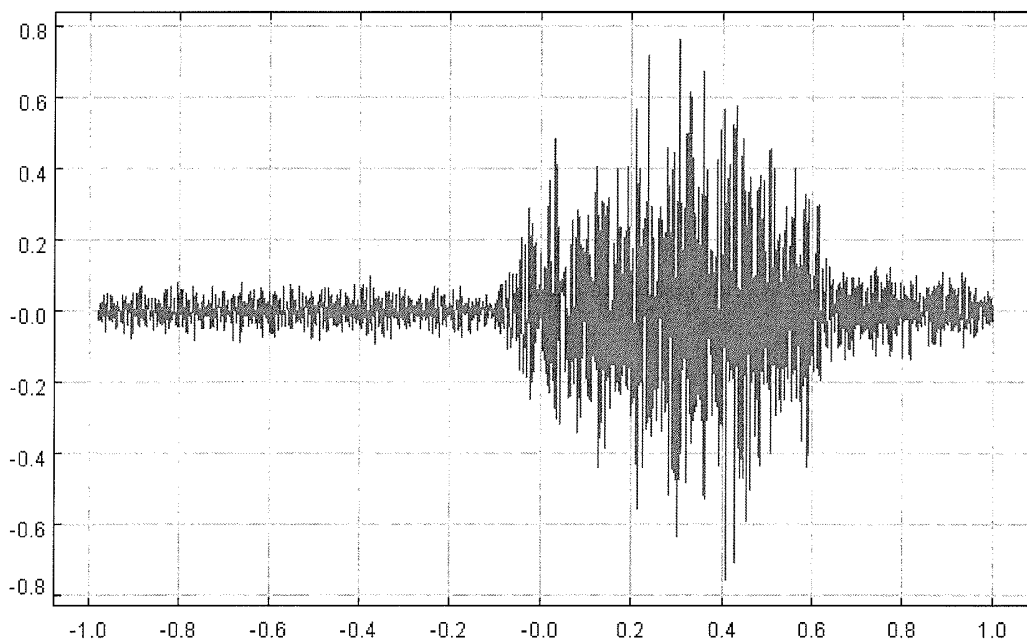
Oy Finnrock**Aikahistoriakäyrä**

20090615 - Leppävaaransolmu

Siirrä Tulosta Sulje

Mittauspistetiedot Kohde 49C- Nokia
Sijainti C-rak. konesali3 laite
akseli Poikittainen
Räjäytys
Aika 2009-08-17 12:58:47
Uusin arvo 0.765 m/s2
 0.85 mm/s
 2.72 μ m
 184 Hz

Standardi Default
aika domain Ei yhtään
Taajuusanalyysi Ei yhtään
alipäästö [Hz]
ylipäästö [Hz]
Ikkuna Ei yhtään
Mistä [s]
Mihin [s]
Lineaariasteikko
Näyttöformaatti zoomattava



Räjätyspäiväkirja

Oy Finnrock

Räjätyspäiväkirja

20090615 - Leppävaaransolmu

Räjätyspäiväkirjan suodin Mistä: Mihin: 2010-04-18 11:44:15 Siirrä Tulosta Sulje

Räjätysnro	Elektr. 17.8	Ohiporaus [m]	0.4
Työmaa	Solmu/Lopputyö	Osapanosten lkm / reikä	87
Osa		Hidasteiden määrä	87
Nimikirjaimet		Pääräjähdysaine	Aniitti
Pvm	2009-08-17	Panos/nalli [kg]	3.05
Aika	12:58:00	Panos/hidaste [kg]	3.05
Aikajänne [s]	300	Panos/räjätys [kg]	265.4
Pohjoinen	2067	Nallin tyyppi	Elektroninen nalli
Itä	995	Kentän tilavuus [m³]	730
z	0	Momentaaninen räjähdysainemäärä [kg]	3,05
Reikien lkm	87	Ominaispanostus [kg/m³]	0,36
Reikäläpimitta [mm]	64	Peittotapa	Kumimatot 3 krt
Reikäväli [m]	1.3	Peittojen määrä	24
Rasitus [m]	1,6		
Reikäsyvyys [m]	4.0		
Terveisin	Elektroniset nallit		

Mittauspistetiedot	Sijainti	Pvm	Uusin arvo	Raja-arvo	Osuus	Etäisyys	Huomautus
Kohde 47 - V	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-17 12:58:48	1.75 mm/s	14	12%	235	
Kohde 47 - L	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-17 12:58:48	0.8 mm/s			235	
Kohde 47 - T	Imnpilahdentie 6 Ok-talo	2009-08-17 12:58:48	0.45 mm/s			235	
Kohde 49A- Nokia - T	A-rak. AK	2009-08-17 12:58:48	16.9 m/s ²	25	68%	116	
Kohde 49A- Nokia - L	A-rak. AK	2009-08-17 12:58:48	38.3 m/s ²	25	153%	116	
Kohde 49A- Nokia - V	A-rak. AK	2009-08-17 12:58:47	23.2 m/s ²	25	93%	116	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-rak.	2009-08-17 12:58:47	14 mm/s	20	70%	69	
Kohde 49B- Nokia - V	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-17 12:58:47	1.47 m/s ²	2.5	59%	66	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-rak.	2009-08-17 12:58:47	31.4 mm/s			69	
Kohde 49B- Nokia - L	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-17 12:58:47	1.32 m/s ²			66	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-rak.	2009-08-17 12:58:47	8.85 mm/s			69	
Kohde 49B- Nokia - T	B-rak. Yk-Laitte	2009-08-17 12:58:47	1.41 m/s ²			66	
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-17 12:58:47	3.95 mm/s			13	
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-17 12:58:47	3.15 mm/s			13	
Kohde 49C- Nokia - V	C-rak. konesali3 rak.	2009-08-17 12:58:47	3.1 mm/s	25	12%	13	
Kohde 49C- Nokia - V	C-rak. konesali3 laite	2009-08-17 12:58:47	0.745 m/s ²	2.5	30%	10	
Kohde 49C- Nokia - L	C-rak. konesali3 laite	2009-08-17 12:58:47	0.555 m/s ²	2.5	22%		
Kohde 49C- Nokia - T	C-rak. konesali3 laite	2009-08-17 12:58:47	0.765 m/s ²	2.5	31%		
Kohde 49D- Nokia - V	D-rak vss/seinä	2009-08-17 12:58:47	3.3 mm/s	25	13%	68	
Kohde 49D- Nokia - L	D-rak vss/seinä	2009-08-17 12:58:47	2.85 mm/s	25	11%	68	
Kohde 49D- Nokia - T	D-rak vss/seinä	2009-08-17 12:58:47	3.1 mm/s	25	12%	68	





Oy Finnrock Ab, Mikkolantie 1 B, 00640 Helsinki

TALOKATSELMUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön kopio (x)
Urakoitsijan kopio ()
Rakennuttajan kopio ()

Työmaa: Leppävaaran tienrakennus työt
Urakoitsija: Rakennusliike Niska & Nyyssönen Oy
Rakennuttaja: Uudenmaan tiepiiri

Tarkastuskohde: Lumivaarantie 11 D

Postinumero: 02140 Espoo

Aika: 11 / 9 2009

Omistaja / kiinteistön edustaja: _____

puh: _____

Osoite: Lumivaarantie 11 D

KATSELMUKSEN AIHE:

Katselmuksen tarkoituksena on todeta asuinrakennuksen kunto ennen kyseisen työn alkamista tai lähestymisestä tärinävaikutusrajan sisäpuolelle. Katselmus on suoritettu ennalta sovituissa osissa ja tiloissa, joihin on tällöin päästy.

Mikäli työn aikana havaitaan sellaisia vaurioita, joita epäillään ko. työn aiheuttamiksi, pyydetään niistä ilmoittamaan välittömästi työmaalle työnjohdolle:

Työmaan päällikkö:

Rakennuttajan edustaja:

KATSELMUSMIEHET:

Ulkopuolinen katselmusmies:

Rak.ins. Veli-Pekka Ilmanen / Oy Finnrock Ab

Kiinteistön edustaja: _____

Urakoitsijan edustaja: _____

KIINTEISTÖTIEDOT

Valm. vuosi: 1991

Perustus: harkko

Vaimennukset: 8 kpl

Maaperä: moreeni

Julkisivut: poltettu tiili

Runko: puu

TARKASTUSTULOS:

Katselmuksen tulokset on esitetty liitesivuilla, joista ilmenevät mahdolliset huomautukset. Katselmuksen yhteydessä, väli- tai loppukatselmuksen yhteydessä tehtäviä vertailuja varten, mahdollisesti otettuja valokuvia, säilytetään Oy Finnrock Ab:ssä. Tämän katselmuksen yhteydessä otettuja valokuvien lukumäärä: 0 kpl.

Vakuudeksi:

Katselmusmies








Oy Finnrock Ab / Veli-Pekka Ilmanen


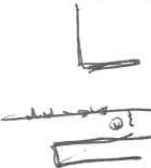
Katselmusten tavoite ja havaintojen kirjaamisessa käytetyt merkinnät:

Katselmuksilla pyritään selvittämään tapahtuuko rakenteiden kuntotasossa niiden tavanomaisesta ikääntymisestä ja vikaantumisesta oleellisesti poikkeavaa kehitystä. Töiden päätyttyä voidaan pitää loppukatselmus, jossa todetaan onko oleellisia muutoksia tapahtunut. Mikäli epätavallisia muutoksia todetaan, kuulu vastuu sille, jonka toimenpiteiden seurausta todettu vikaantuminen on (syy-yhteys ratkaisee). Rakenteiden normaalin ikääntymisen ja vikaantumisen vaatima ylläpito kuuluu rakennuksen omistajan vastuuseen. Eri katselmusten väliset vertailut tulee tehdä valitun katselmustarkkuuden ja määrittelyiden mukaisesti. Vertailuja tehtäessä tulee huomioida eri ajankohtien mahdollisesti toisistaan poikkeavien kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteiden vaikutus vikojen kokoon ja/tai niiden havaittavuuteen.

Merkintä	Selvitys	Halkeamien luokittelu			
O	Ei huomautettavaa				
Halkeamat					
H: alle 0.5 mm, F: 0.5-1.0 mm, M: 1.0-2.0 mm, G: 2.0-4.0 mm, S: yli 4.0 mm, mitattava/arvioitava					
KR	Maalihalkeilua	LS	Liikuntasäula		
VV	Kosteusvaurio	T	Tapettirepeämä		
MR	Materiaaliraja	VT	Vetoa tapetissa		
X	Puuttuva pinta, pinnoite	L	Korjattu, paikattu		
LP	Irtonaista pinnoitetta, (R):rapautunut, (L):lohjennut/murtunut				
NP	Pudonnutta pinnoitetta, (R):rapautunut, (L):lohjennut/murtunut				
<---->	Murtumia nurkissa, kulmissa, pielissä, saumakohdissa				
SS	Kutistumia liitoksissa. Puu- ja levy materiaalien kosteusliikkeitä ei kirjata				
SN	Peitossa oleva pinta (kasvillisuus, sisustus, huonekalu tms.)				
B	Kopoa. Havaittavissa vain mikäli pinnassa on nähtävissä vikaantumista.				
PV	Pakkasvaurio				
X	Ikkuna rikki	s=sisä, u=ulko			
Ser	Yhdensuuntaisia halkeamia	Koko sulkeissa (..)			
Ve	Verkkomaista halkeilua	Koko sulkeissa (..)			
P	Puu, paneli	K	Kaakeli, klinkkeri, laatta		
Ma	Matto	Be	Betoni		
Vi	Vinyyli				
Tasokuvissa:					
(S)=seinä, (N)=nurkka, (IK)=ikkunan kulma, (OK)=oven kulma, (KR)= katonraja (LR)= lattianraja, (K)=katto, (IP)=ikkunanpenkki, (P)=palkki					
VÄRIT: Musta: alku-, sininen: väli-, punainen: loppukatselmus					
TK	Tuulikaappi	MH	Makuuhuone	OH	Olohuone
Et	Eteinen	K	Keittiö	RH	Ruokasali
Kro	Komero	WC	WC, kylpyhuone		
MERKINTÄTAPA:					
Jokaiselle huoneelle on katselmuskaavaakkeella varattu yksi pituussuuntainen rivi. Rivillä on kuusi ruutua, yksi kullekin seinäpinnalle, yksi lattiaa ja yksi kattoa varten. Seinät kuvataan piirtämällä ruudukolle, kiertosuunta on myötäpäivään. Ruudukko on ikäänkuin filmirulla tästä "valokuvauksesta". Merkinnät eivät ole mittakaavassa. Halkeamien yms. koko on arvioitu, ellei muuta ilmoiteta.					
Kohdan rengastus valitusraportoinnissa= Ilmoitus on aiheeton, vanha muuttumaton ja alkukatselmuspöytäkirjaan merkity vika, tai katselmusten aihepiiriin kuulumaton havainto tai ilmoitus					

FINNROCK CONSULTING		pvm: 11.9.2009		Sivu: 1	
		Tekijä: YP KMANEN			
		Kiinteistö: LUMIVAARANTIE 110, ESPOO			
huone	Katto	Seinät		Lattia	Huom.
Tk					
ET					
TAKU- HUONE					
SAUNA					
BH					
WC					

FINNROCK CONSULTING		pvm: 11.9.2009		Sivu: 2	
		Tekijä: YB LMANEN			
		Kiinteistö: LUMIVAARAN TIE 110, 01300			
huone	Katto	Seinät		Lattia	Huom.
KHH					OK KATTON VÄÄRTÖN, SEINIEN PUOL- OSIA VALUOK- NÄHTÄ
KHH-N TAKA.					
SEPÄNNUO					
MH1					A UENSAUNA/ MUT. SAUNA
MH2					A UENSAUNA/ MUT. SAUNA
MH3					A UENSAUNA

<div><div></div><div>FINNROCK CONSULTING</div></div>						pvm: 11.9.2003		Sivu: 3	
						Tekijä: Y-S LAMINEN			
						Kiinteistö: LUMIVAARANIE 11 D, ESPOO			
huone	Katto	Seinät			Lattia	Huom.			
keittiö						7.05.04			
WC									
2 krs tassahuone									
AT									
AT:n tassu.				